

## DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXXXVIII.

---

*I. Untersuchung über den Glimmer und verwandte Minerale; von Dr. Max Bauer in Tübingen.*

---

Trotz aller der vielen, von den bedeutendsten Männern unternommenen Untersuchungen des Glimmers ist man eigentlich über alle Verhältnisse desselben noch fast völlig im Unklaren. Trotz aller der vielen Analysen, die schon von Glimmern gemacht worden sind, ist es bis jetzt nicht gelungen, eine befriedigende Formel herzuleiten; das Krystallsystem ist noch nicht mit vollständiger Sicherheit bekannt, wenigstens haben noch in jüngster Zeit verschiedene Schriftsteller verschiedene Ansichten in dieser Richtung ausgesprochen; die optische Orientirung, die Bestimmung der Lage der Ebene der optischen Axen gegen die Krystallflächen läßt noch vieles zu wünschen übrig, trotz der bedeutenden Arbeiten von Sénarmont, Grailich u. A. Es dürfte deshalb vielleicht von Interesse seyn, eine Anzahl von Gliedern gerade in dieser letzteren Richtung mittelst einer neuen Methode krystallographisch-optisch zu untersuchen. Die chemischen Verhältnisse bleiben bei vorliegender Untersuchung vollständig ausgeschlossen. Es soll aber hier schon angedeutet werden, dafs von einer combinirten krystallographisch-optischen und chemischen Untersuchung einer möglichst grossen Zahl von Glimmern wohl interessante Resultate zu erwarten wären.

Was die Krystallform anbelangt, so haben die verschiedenen Gelehrten sogar über die Glimmer verschiedene Ansichten, welche sich durch ihre mefsbaren Flächen am besten zu einer genauen krystallographischen Untersuchung eignen, nämlich über die Vesuvischen. Der Grund davon liegt hauptsächlich

in der eigenthümlichen Art der Anordnung der verschiedenen Flächen, welche verschiedene Deutungen zuläfst. Es war hauptsächlich Kokscharow (Mat. zur Min. Rußlands II, S. 113), welcher hierüber Untersuchungen anstellte und diese Krystalle für zweigliedrig mit hemiëdrischer Ausbildung erklärte. Doch im gleichen Werk (Bd. II, S. 291), in einem Anhang zum Glimmer, nahm er diese Ansicht zurück, und stellte die Krystalle ins rhomboëdrische System. Hesse (Abhandl. der senkenb. Gesellsch. VI, 15) untersuchte ebenfalls, durch Kokscharow angeregt, eine Anzahl von Glimmerkrystallen vom Vesuv, und bestätigte das letztere von Kokscharow gefundene Resultat, daß diese Krystalle dem rhomboëdrischen System zuzuweisen sind. Die, allerdings etwas mangelhafte, optische Untersuchung mit der Turmalinzange gab das schwarze Kreuz der einaxigen Krystalle.

Kann man nun nach diesen Untersuchungen kaum mehr über die krystallographische Stellung der Glimmer vom Vesuv und aller einaxigen Glimmer überhaupt im Zweifel seyn, so stößt man wieder auf Schwierigkeiten bei den nicht als Krystalle mit wahrnehmbaren Flächen vorkommenden zweiaxigen Glimmern. Hier hat man sich bei Bestimmung des Krystallsystems, das jedenfalls nicht das rhomboëdrische seyn kann, nach anderen Merkmalen umzusehen. Diese Merkmale sind vor Allem die ziemlich häufig vorkommenden Zwillinge und die Lage der optischen Axen und Mittellinien. Die Zwillinge haben immer den Hauptblätterbruch gemein, welcher durch die beiden Individuen ununterbrochen hindurchgeht und auf welchem in beiden die Mittellinie senkrecht steht. Solche Zwillinge sind in zwei Systemen möglich, im 2gliedrigen und im  $2 + 1$  gliedrigen. Im 2gliedrigen System haben beide Individuen den Blätterbruch gemein, wenn sie eine Fläche der rhombischen Säule gemein haben und umgekehrt liegen (Gesetz des Arragonits, wo allerdings der Blätterbruch parallel der Gradendfläche fehlt). Im  $2 + 1$  gliedrigen System haben beide den Blätterbruch gemein, weil sie die Schiefendfläche der schiefen rhombischen Säule gemein haben und umgekehrt liegen,

etwa wie die Individuen 1 und 3 oder 2 und 4 der Adu-larvierlinge. (Quenstedt, Mineralogie 2. Aufl., 220) oder wie die Feldspathzwillinge von Manebach und Pfitsch, welche nach dem ersten Zwillingengesetz Naumann's (Elemente 5. Aufl., 297) gebildet sind und  $P$  gemein haben. Der Blätterbruch wäre dann die Medianebene 010, die Zwillingfläche 001. Der letztere Fall, obwohl also krystallographisch nicht unmöglich, wird aber durch die optischen Verhältnisse ausgeschlossen. Beidemale verlangt die Symmetrie, daß die Mittellinie senkrecht zum Blätterbruch steht, was beim Glimmer durchweg der Fall ist. Diefs giebt also keine Entscheidung; entscheidend ist dagegen die Anordnung der Farben im convergirenden polarisirten Licht. Bei der nicht unbedeutenden Dispersion, die alle Glimmer zeigen, müßte man im zweiten Fall die Erscheinung wahrnehmen, die man in einem senkrecht zur Orthodiagonale geschliffenen Boraxkrystall sieht, nämlich die von Descloizeaux sogenannte »Dispersion« *tournante*. Diefs sieht man aber nicht, sondern stets ein Bild, das gegen zwei zu einander senkrechte Axen symmetrisch liegt, deren eine durch die zwei Punkte geht, wo die optischen Axen den Blätterbruch durchbohren, die andere durch den Punkt, wo die Mittellinie die Oberfläche trifft, ganz wie es im zweigliedrigen System die Symmetrie erfordert. Wir haben also die sog. Muskowite nothwendig ins 2gliedrige System zu verweisen, wie es Sénarmont, Grailich u. A. schon längst gethan haben, während Miller (*Phillips, an elementary introduction etc.* 2. Aufl. bearbeitet von Brooke und Miller 1852) sie noch für  $2 + 1$  gliedrig erklärt.

Bei den krystallographischen Untersuchungen der gewöhnlichen Glimmer, welche keine meßbaren Flächen haben, hat man sich hauptsächlich an die nicht selten vorhandenen meist rohen Säulenflächen zu halten. Wo auch diese fehlen, muß man zu den Rissen und Falten, welche alle Glimmer zeigen, seine Zuflucht nehmen.

Betrachtet man eine Glimmerplatte mit der Lupe, oder noch besser unter dem Mikroskop, so sieht man überall

eine große Anzahl von Streifen und Linien, die theils gerade sind, theils krumm die Platte nach allen Richtungen durchziehen. Die letztern krummen Linien sind das Resultat des unsauberen Abspaltens. Die Platten sind nicht überall gleich dick, auf der Oberfläche der Platte liegen noch sehr dünne Blättchen auf, und deren unregelmäßige Umrisse erzeugen die krummen Linien.

Anders sind die in gerader Richtung verlaufenden Linien aufzufassen. Diese sind nichts anderes, als Spuren von Blätterbrüchen: Suchen wir die Richtung zu bestimmen, in welcher sie verlaufen, so sehen wir zunächst ein System von Rissen parallel den auch als Krystallflächen auftretenden Flächen einer rhombischen Säule (deren Winkel zwar etwas wechselt, der aber von  $120^\circ$  so wenig verschieden ist, daß wir der Einfachheit halber ihn als genau  $= 120^\circ$  annehmen wollen) und parallel der geraden Abstumpfung der scharfen Säulenkante. Dieses System von Rissen würde vollständig ausgebildet reguläre Sechsecke bilden. Hierzu kommt nun aber noch ein zweites System, das vollständig ausgebildet, ebenfalls ein reguläres Sechseck bildet, und gegen das erste System so liegt, wie die erste sechsseitige Säule gegen die zweite. Das erste System stumpft die Kanten des zweiten gerade ab, und umgekehrt. Giebt man der ersten Säule das Zeichen  $p$ , so können wir auch die ihr parallelen Spalten und Risse mit  $p$  bezeichnen, und es ist  $p = 110$ ; dann ist die Abstumpfung der scharfen Säulenkante  $b = 010$ ; die zweite Säule ergibt sich leicht  $p_a = 130$ ; die Abstumpfung ihrer scharfen Kante (der stumpfen von  $110$ ) ist  $a = 100$ . Der Blätterbruch  $c = 001$ .  $p$  und  $p_a$  sind aufeinander senkrecht. Bei den einaxigen Glimmern ist es ganz analog. Man hat ebenfalls zwei Sechsecksysteme, welche aber hier wirkliche reguläre Sechsecke sind, und der ersten und zweiten sechsseitigen Säule entsprechen.

Da man zur krystallographischen Untersuchung meist nur diese Risse und Spalten hat, und andere Anhaltspunkte gewöhnlich fehlen, so handelt es sich darum, die zwei Systeme sicher von einander zu unterscheiden. Diefes hat bei



gut ausgebildeten Glimmertafeln keine Schwierigkeit, denn der Bruch  $p_3$  und  $a$  ist ein ausgezeichneter Faserbruch, so zwar, daß man an guten Stücken mit großer Leichtigkeit Fäden wie beim Asbest lostrennen kann, während bei  $p$  und  $b$  nie auch nur die Spur einer solchen Faserung beobachtet werden konnte. Auch gehen  $p_3$  und  $a$  häufig sehr prägnante Falten parallel, welche die Unterscheidung oft sehr erleichtern. Aber diese unterscheidenden Merkmale finden sich wie gesagt nur bei ganz guten Stücken, während sich die Mehrzahl der Glimmer ohne Faserbruch, ohne Falten und ohne Krystallflächen zeigt. Hier beginnen die Schwierigkeiten der Untersuchung und hier beginnen die Irrthümer, die sich bei Sénarmont in seinem Aufsatz über den Glimmer (*Annales de chimie et de physique* III. sér., 1852, pag. 171) und bei Grailich (Sitzungsber. d. Wiener Akad. Math.-naturw. Klasse XI. Bd., 1853, pag. 46) eingeschlichen haben, eben weil es bis jetzt kein Mittel gab, die zwei Systeme von Blätterbrüchen sicher zu unterscheiden, welche sich in Gestalt von geradlinigen Rissen und Spalten am Glimmer zeigen. Diese frühere Unmöglichkeit ist der Grund, warum die älteren Untersuchungen von Sénarmont (*Ann. de chim. et de phys.* 3. sér., 1852, pag. 171), Grailich (Sitzungsber. d. Wien. Akad. Bd. XI, S. 46) und Silliman (*Am. Journ.* (2), t. X, p. 372) theilweise nicht mit den Resultaten der vorliegenden Arbeit übereinstimmen. Die Abweichungen beziehen sich hauptsächlich auf die Orientirung der Ebene der optischen Axen und, namentlich bei Sénarmont, auf die Deutung der Zwillinge, von denen weiter unten noch näher die Rede seyn soll.

(Eine Zusammenstellung der Resultate oben erwähnter älterer Untersuchungen findet man in Grailich's Uebersetzung des Lehrbuchs der Krystallographie von Miller S. 279 ff.).

Das hier angewandte Mittel zur Unterscheidung der zwei Spaltensysteme ist die von Hrn. Prof. Reusch in Tübingen entdeckte sogenannte Körnerprobe, welche derselbe auch schon auf andere Mineralien mit dem besten

Erfolg angewandt hat, namentlich zum Studium der Structur von Steinsalz, Kalk- (Doppel-)spath und Gyps. (Siehe Monatsber. der Berl. Akad.: 9. Juni 1868, vom April 1867 und vom 4. Februar 1869.)

Das Verfahren, von dem unten näher die Rede seyn soll, besteht darin, dafs man auf die Glimmerplatte des unter dem Namen Körner bekannte Instrument aufsetzt und mit einem leichten Hammerschlag dessen Spitze in den Glimmer eintreibt. Dadurch entsteht ein Stern, dessen sechs Strahlen von dem Mittelpunkt ausgehen, der durch die Spur der Körnerspitze bezeichnet ist. Diese Strahlen schneiden sich stets unter  $60^{\circ}$  und dieser sechsstrahlige Stern ist es, der uns die Unterscheidung beider Spaltensysteme ermöglicht, da seine Strahlen stets in allen Glimmern den Spalten  $p$  und  $b$  parallel sind.

Diese Annahme, dafs die Schlaglinien parallel  $p$  und  $b$ , also parallel der Hauptsäule und der Abstumpfung ihrer scharfen Kante sind, machte schon Hr. Prof. Reusch in seiner zweiten Abhandlung über den Glimmer vom 4. Februar 1869, nachdem er in der ersten Glimmerabhandlung angenommen hatte, die Schlaglinien seyen parallel  $p_3$  und  $a$ . Damals hatte er nur ein unbedeutendes Material von Glimmern zur Verfügung, später aber eine grofse Anzahl der schönsten Exemplare, durch deren Untersuchung er zu der oben erwähnten Annahme geführt wurde. Dafs sie die richtige ist, wird auch aus dem Verlauf dieser Untersuchung hervorgehen.

Eine derartige Annahme hält zwar Reusch in seinem vorhin citirten Aufsatz vom Juni 1868 für eine ziemlich willkürliche, welche allerdings dem krystallonomischen Instinkt nicht zuwider sey. Sie wird aber durch eine Reihe von Umständen in einer Art bestätigt, dafs es wohl Niemandem einfallen wird, sie zu bestreiten, trotzdem dafs die Art der Darstellung dieser Blätterbrüche eine ganz neue, ungewohnte ist.

Einmal zeigt die Analogie mit andern Mineralen, dafs durch den Körner wirklich Blätterbrüche erzeugt werden,

welche möglichen Krystallflächen parallel sind. Ich erwähne nur das Steinsalz, wo durch Anwendung des Körners die sechs Flächen des Granatoëders mit einer Deutlichkeit dargestellt werden können, die keinen Zweifel übrig läßt. Aehnlich beim Kalkspath.

Dafs speciell beim Glimmer die Linien der Schlagfigur mit dem Krystallsystem im engsten Zusammenhang stehen, beweist die Lage der Ebene der optischen Axen gegen dieselben. Wenn die optische Mittellinie senkrecht auf dem Blätterbruch steht, so erfordert die Symmetrie des 2gliedrigen Systems, dafs die Axenebene entweder parallel der Makro- oder der Brachydiagonale der rhombischen Säule sey. Untersuchen wir nun die Lage der Ebene der optischen Axen gegen die Schlagfigur, so finden wir stets, dafs die Axenebene entweder senkrecht zu einer Schlaglinie, oder parallel derselben ist. Diese Schlaglinie heifst die »charakteristische Schlaglinie«. Daraus folgt sehr einfach, dafs diese charakteristische Linie entweder die scharfe oder die stumpfe Kante der Hauptsäule  $p$  abstumpft, also entweder parallel  $a$  oder parallel  $b$  seyn mufs, dann sind aber die zwei andern Schlaglinien entweder  $p$  oder parallel  $p_3$ , da sie mit der charakteristischen den Winkel von  $60^\circ$  machen.

Um nun zu sehen, welcher Säule die zwei Schlaglinien parallel sind, machen wir die Körnerprobe an möglichst vielen Glimmern, welche entweder deutliche Krystallflächen oder noch besser, deutliche fasrige Brüche zeigen, und da bemerkt man nun, dafs die Schlaglinien nie anders verlaufen, als parallel den natürlichen Krystallflächen oder senkrecht zu den Faserbrüchen. Bei einaxigen Glimmern giebt es keinen Faserbruch, aber die Schlaglinien sind hier stets parallel den Flächen der ersten sechsseitigen Säule, welche bei diesen Glimmern so häufig als Krystallfläche aufzutreten pflegt.

Zieht man alle diese Verhältnisse in Betracht, so darf man gewifs, ohne eine willkürliche Annahme zu machen, behaupten, dafs die Schlaglinien  $p$  und  $b$  parallel gehen und damit ist die Wichtigkeit der exacten Darstellung derselben

für Untersuchungen am Glimmer bewiesen, weshalb ich auch nicht unterlassen will, meine Erfahrungen über diesen Gegenstand mitzutheilen.

So leicht und einfach es auch beim ersten Anblick scheinen mag die Schlagfigur herzustellen, so schwierig stellt es sich in gewissen Fällen heraus. Leicht und gut erhält man die Figur bei verhältnißmäßiger harten und spröden Glimmern; schwierig und meist schlecht bei den mehr talkähnlichen, weichen. Je nach der Beschaffenheit der Exemplare hat man das Verfahren zu ändern, so daß man keine allgemeine Regel geben kann. Man muß eben bei jedem vorliegenden Glimmer probiren und die beste Methode zu finden suchen. Reusch (l. c. Juni 1868) nahm als Unterlage für den Glimmer die Hirnseite eines Buxstücks und einen eigentlichen Körner, den er von Zeit zu Zeit mit einer Schmirgelfeile schärfte; statt des harten Buxholzes nimmt man häufig mit Vortheil ein weiches Holz (z. B. Lindenholz) oder auch Pappe, oder auch wohl Glas, das zwar oft schöne Figuren giebt, aber auch den Körner so ruinirt, daß man ihn alle Augenblicke schleifen muß, weshalb diese Unterlage weniger empfehlenswerth erscheint.

Auch kann man den Körner mit einer Nadel vertauschen: einer gewöhnlich starken Schneidernähnel, der man auf einem guten Wetzstein eine etwas weniger scharfe Spitze anschleift, als sie ursprünglich hatte. Die Anwendung einer solchen Nadel ist sogar wohl in den meisten Fällen einem eigentlichen Körner vorzuziehen, bei ihrer Anwendung ist es aber nöthig, die Spitze häufig mit dem Wetzstein zu erneuern, wobei darauf zu sehen ist, daß sie rein conisch und möglichst scharf sey.

Zum Schlagen benutzt man einen sehr kleinen Hammer.

Bei Ausführung der Operation hat man vor allem darauf zu sehen, daß man keine zu dicken Stücke nimmt, weil diese nicht leicht gute Linien geben. Beim Schlag auf ein dickeres Stück kann es vorkommen, daß es in mehrere Lamellen nach dem Blätterbruch zerspringt, und da zeigt dann zuweilen die unterste Lamelle eine schöne Schlagfigur, die

andere, namentlich die oberste, nur ein Gewirre von Linien, oder bleiben die Lamellen zusammenhaften, dann sieht man wohl unten, nicht aber auch oben, wo der Körner aufgesetzt wurde, deutliche Schlaglinien. Immer bleibt es besser, ein dünnes Stück zu wählen, das aber auch nicht zu dünn seyn darf, weil sonst die Spitze zu leicht durchdringt, auch beim allerleisesten Schlag, ohne etwas anderes als ein rundes Loch hervorzubringen. Die günstigste Dicke ist je nach dem vorliegenden Exemplar sehr verschieden und kaum in Zahlen ausdrückbar, läßt sich aber durch Versuche leicht finden. Ein Haupterforderniß des Gelingens ist, daß die Glimmerplatte ganz fest auf der Unterlage aufliegen muß, weshalb man zur Anstellung dieser Versuche möglichst ebene Lamellen wählen muß, wobei man wohl besonders darauf zu achten hat, daß man möglichst reine und durchsichtige Stellen wählt, um den Körner oder die Nadel aufzusetzen.

Wenn man nun unter Beachtung aller dieser Bemerkungen beginnt die Schlagfiguren darzustellen, so kann man je nach den Umständen, die die Versuche im einzelnen Fall ergeben müssen, wieder auf zweierlei Weise verfahren: entweder setzt man die Nadel ganz auf die Glimmerplatte auf, oder man hält sie leicht zwischen den Fingern in geringer Entfernung über dem Glimmer. Dann giebt man mit dem Hämmerchen einen schwachen, raschen Schlag, so stark, daß er gerade hinreicht die Spitze etwas in den Glimmer hineinzutreiben, nicht aber die ganze Lamelle zu durchbohren.

Im Anfang, ehe man es durch viele Uebung zu einiger Fertigkeit gebracht, will es nicht gelingen die sechs Strahlen so darzustellen, daß sie die Richtungen der Säulenflächen unzweifelhaft anzeigen. Man sieht bloß ein Gewirre von Linien, die sich theils concentrisch um den Ansatzpunkt der Spitze herumlegen, theils büstenförmig nach allen Richtungen von diesem Punkt ausstrahlen. Bald aber bringt man es so weit, daß sich die Schlaglinien ganz scharf von den anderen Linien unterscheiden und weit über diese hinausreichen, und endlich ist man im Stande, wenigstens an hierzu

geeigneten Exemplaren, eine Schlagfigur so herzustellen, daß man bloß den sechsstrahligen Stern sieht, nicht aber den Ansatzpunkt der Spitze.

Sind wir nun durch die Körnerprobe in den Stand gesetzt uns in allen Glimmern rasch und sicher krystallographisch orientiren zu können, so bleibt jetzt nur noch übrig, Einiges über die optischen Verhältnisse zu sagen.

Schon Biot in seinem: »*Mémoire sur l'utilité de la polarisation de la lumière etc.*« bemerkt, daß es optisch zweiaxige und einaxige Glimmer giebt, was ganz mit den oben gefundenen krystallographischen Verhältnissen übereinstimmt. Die zweiaxigen sind ihrerseits wieder verschiedener Art, je nachdem sie einen großen Axenwinkel haben (Muskowit) oder einen kleinen (Phlogopit). Bei diesen letztern nun ist es häufig mit Schwierigkeit verbunden aus dem Axenbild allein zu entscheiden, ob man es mit einem ein- oder zweiaxigen Krystall zu thun hat, um so mehr, da es bekannt ist, daß sogar bei ganz unzweifelhaft einaxigen Krystallen der Mittelpunkt des schwarzen Kreuzes sich ändert, so nach Descloizeaux beim Mellit, Vesuvian, Beryll, Ferrocyankalium. Descloizeaux hat auch ein Mittel angegeben, solche scheinbar zweiaxige von wirklich zweiaxigen Krystallen zu unterscheiden, indem nämlich bei den wirklich zweiaxigen, bei erhöhter Temperatur der Axenwinkel sich theilweise nicht unbeträchtlich ändert, bei den scheinbar zweiaxigen dagegen bei jeder Temperatur constant bleibt. Dieses Mittel ist zwar oft zur Unterscheidung dieser zwei Arten von Körpern unumgänglich nothwendig, ein anderes, weit einfacheres Mittel läßt sich aber bei dichroitischen Krystallen anwenden, nämlich Haidinger's Dichrolopie oder Dove's Probe.

Beide Male handelt es sich darum zu untersuchen, ob der Glimmer senkrecht zum Blätterbruch Dichroismus zeigt oder nicht. Zeigt er solchen, so ist er entschieden nicht einaxig. Zeigt er keinen, so kann er zwar zweiaxig seyn, aber auch einaxig. Die Untersuchung auf Dichroismus ist also nicht geeignet, in allen Fällen die zweiaxigen von den

einaxigen sicher zu unterscheiden. Da sich aber die Mehrzahl der Glimmer dichroitisch erweist, wenn man nur hinreichend dicke Platten anwendet, so kann man, ohne einen grossen Fehler zu begehen, solche Glimmer, deren Axenbild im convergenten polarisirten Licht im Zweifel läßt, ob sie zwei- oder einaxig sind, die aber keine Spur von Dichroismus zeigen, für optisch einaxige erklären.

Es handelt sich nun zunächst darum, welche Methode der Beobachtung man zu wählen hat, um den Dichroismus der Glimmer zu studiren. Zunächst bietet sich als das einfachste Instrument die Dichrolupe dar, aber bald bemerkt man, daß diese hier nicht genügt. Der Dichroismus der Glimmer äußert sich nämlich vornemlich darin, daß von dem Licht, das nach einer Richtung schwingt, beim Durchgang durch den Glimmer mehr absorbirt wird, als von dem, welches senkrecht dazu schwingt, die zwei Bilder, die die Lupe zeigt, werden sich also nicht verschieden gefärbt, sondern meist bloß verschieden intensiv erweisen. Betrachtet man aber die beiden Bilder in der Lupe ohne vorgehaltenen Glimmer, so sieht man, daß beide schon an sich verschieden hell sind, was davon herrührt, daß das natürliche weisse Licht schon theilweise polarisirt ist. Man wird also auf diese Weise wohl sehr große Intensitätsunterschiede beider Bilder sicher constatiren können, nicht aber kleinere, und diese kleineren sind gerade die häufigsten und für uns die wichtigsten. Dazu kommt noch, daß das Auge für solche kleine Intensitätsunterschiede sehr wenig empfindlich ist.

Wir haben uns also nach einer anderen Methode umzusehen, und als solche bietet sich uns die Dove'sche Probe, die unsern Bedürfnissen vollkommen entspricht. Sie besteht darin, daß man die Glimmerplatte, welche auf Dichroismus untersucht werden soll, als Analyseur benutzt und sie am Polarisationsinstrument so anbringt, daß entweder die große oder die kleine Diagonale des Rhombus parallel der unteren Polarisationsebene ist. Ist der Glimmer dichroitisch, d. h. werden beim Durchgang des Lichts durch



denselben die nach einer Richtung schwingenden Strahlen stärker absorbirt, als die senkrecht dazu schwingenden, so zeigen sich Erscheinungen analog denen, die man bei Anwendung einer parallel der Axe geschliffenen Turmalinplatte sieht, d. h. man sieht z. B. in einaxigen Krystallen ein schwarzes oder weißes Kreuz nebst den concentrischen Farbenkreisen; schwarz oder weiß ist das Kreuz, je nachdem die Ebene, in welcher die stärker absorbirten Strahlen schwingen, senkrecht oder parallel der untern Polarisations-ebene ist. Zur Anstellung der Probe benutzt man gewöhnlich ein gekühltes Glas, das man im parallel polarisirten Licht durch die Glimmerplatte betrachtet. Bei manchen Sorten ist das Kreuz nur schwach, bei anderen fast so deutlich wie bei Anwendung einer Turmalinplatte. (Näheres hierüber: Dove, Farbenlehre S. 262.)

Um einen festen Alhaltspunkt zu haben wird bei entschieden 2axigen Glimmern die Platte stets so gelegt werden, daß die große Diagonale senkrecht zur unteren Polarisations-ebene ist. Als Hauptvorsichtsmaßregel sey nur noch angeführt, daß die Glimmerplatte ganz eben und rein und genau senkrecht zu den einfallenden Strahlen seyn muß, wenn die Probe ein gutes Resultat geben soll.

Ehe wir zur Beschreibung einzelner Glimmer übergehen, wollen wir noch eine allgemeine Betrachtung der Zwillinge, die gar nicht selten vorkommen, vorausschicken.

Da der Blätterbruch ununterbrochen durch alle Individuen hindurchgeht, und Umriss mit einspringenden Winkeln kaum vorkommen, so ist man meist nicht im Stande die Zwillingsplatten von den einfachen anders zu unterscheiden, als durch das parallele polarisirte Licht, welches die einzelnen Individuen wegen ihrer verschiedenen Orientirung gegen die Polarisations-ebenen in verschiedener Intensität erscheinen lassen.

Betrachten wir nun die Verhältnisse, welche sich ergeben, wenn die Zwillinge eine Fläche  $p$  gemein haben und umgekehrt liegen (siehe Fig. 1 Taf. II) unter der Voraussetzung, daß die Rhombenwinkel genau  $= 60^\circ$  und  $120^\circ$ .

Man sieht unmittelbar und kann leicht beweisen, daß wenn  $p$  beiden Individuen gemeinschaftlich ist, nothwendig auch eine Fläche  $p_3$  beiden gemein seyn muß; außerdem ein  $a$  des einen parallel einem  $p_3$  des andern und umgekehrt, und ein  $b$  des einen einem  $p$  des andern. Die beiden Individuen haben also nicht bloß homologe Seiten gemein, aber das ist eine einfache Folge davon, daß die Winkel  $120^\circ$  und  $60^\circ$  sind. Wäre dieß nicht der Fall, so würden auch die obengenannten weiteren Flächen nicht in beiden Individuen gemeinschaftlich seyn können, wie sie es wohl in der Natur auch nicht sind, da zwar die Winkel sich  $120^\circ$  und  $60^\circ$  sehr nähern, aber doch stets davon verschieden sind, wenn auch nur um eine nicht nachweisbare Gröfse. Merkwürdiger Weise macht Sénarmont aus diesen Zwillingen *«un groupement différent de l'hémitropie, parce que les faces juxtaposées ne sont pas homologues»*, obgleich er gleich nachher bemerkt, daß dieses Verhältniß bloß bei Winkeln von  $120^\circ$  und  $60^\circ$  vorkommen kann. (*Ann. de chim. et de phys.* III, sér. 1852, p. 177). In der That deutet er auch die am angeführten Ort beschriebenen und abgebildeten Zwillinge ganz unrichtig, und man wird leicht finden, daß alle dem oben angegebenen Gesetz entsprechen.

Macht man auf solchen Zwillingen die Körnerprobe, so sieht man sofort, daß die Schlaglinien in den Individuen parallel seyn müssen, da ja in jedem eine Linie parallel der gemeinsamen Fläche  $p$  ist.

Bestimmt man nun die Ebenen der optischen Axen, so machen diese in beiden Abtheilungen der Glimmer  $60^\circ$  mit einander. Man kann also das vorliegende Zwillingsgesetz in allen Fällen daran erkennen, daß in beiden Individuen die Schlaglinien parallel sind und daß die Axenebenen  $60^\circ$  mit einander machen.

Es soll nun in der im Vorhergehenden angedeuteten Weise eine Anzahl von Glimmern aus der Tübinger Universitäts-Mineraliensammlung untersucht werden, die mir durch die Güte des Vorstands, Hrn. Prof. v. Quenstedt, zugänglich gemacht worden sind. Außerdem aber bin ich

auch noch Hrn. Prof. Reusch sehr zum Dank verpflichtet für Ueberlassung der nöthigen Instrumente aus dem physikalischen Kabinet, und namentlich für die große Aufmerksamkeit, die er meiner Arbeit schenkte und für manchen Rath, mit dem er mich unterstützte. Die Beschreibung einzelner Exemplare wird das Gesagte näher erläutern und ergänzen, und den Werth der neuen Methode klar machen.

Was die Eintheilung anbelangt, so sey gleich jetzt bemerkt, daß die Ebene der optischen Axen theils in der großen Diagonale des Hauptrhombus liegt, also senkrecht zur charakteristischen Schlaglinie (Glimmer erster Ordnung) oder in der kleinen Diagonale, also parallel der charakteristischen Schlaglinie. (Glimmer II. Art.) In jeder Abtheilung folgen sich die einzelnen Exemplare der Größe des Axenwinkels nach, die einaxigen machen den Schluss; als Anhang folgen noch einige glimmerähnliche Minerale.

#### I. Zweiaxige Glimmer.

##### A. Glimmer I. Art.

Die Ebene der optischen Axen senkrecht zur charakteristischen Schlaglinie (Fig. 9 Taf. I.)

1. *Glimmer von Venedig.* Ganz farblos in dünnen Stücken, in dickeren schwach bräunlich. Selten Stücke mit regelmässigen Begränzungsflächen. Die charakteristische Schlaglinie ist senkrecht auf der Ebene der optischen Axen, welche also in der Makrodiagonale der rhombischen Säule liegt; eine, wie es scheint natürliche, Begränzungsfläche  $p_2$  (gehört zu den Seltenheiten) parallel welcher ein ausgezeichnetes Faltensystem, sowie auch parallel der andern Fläche von  $p_3$ , welche ebenfalls als natürliche Begränzungsfläche vorhanden zu seyn scheint, aber weit weniger deutlich, als die vorhin erwähnte. Der Blätterbruch  $p_3$  ist so ausgezeichnet an manchen Stücken, daß man mit Leichtigkeit Lamellen abspalten kann, welche durch die Blätterbrüche  $p_3$  gerade begränzt sind, also Rhomben von  $60^\circ$  bilden. In diesen Rhomben liegt die Ebene der optischen

Axe in der Brachydiagonale, der Glimmer ist also scheinbar zweiter Ordnung, die Körnerprobe zeigt aber mit Sicherheit, daß wir es mit einem Glimmer I. Art zu thun haben, und daß die Rhombenflächen  $p_3$  sind.

$$\varphi = 74^\circ 36'.$$

Dove's Probe zeigt keine Reaction; ebenso wenig die Dichrolupe, was sich von vorn herein erwarten liefs, weil der Glimmer fast farblos ist.

2. *Glimmer von Zwiesel* aus einem grobkörnigen Granit mit viel Quarz, welcher Gänge im Gneis bildet.

Er ist hellblond und bildet dicke Platten von unregelmäßig rhombischer Begrenzung. Die Untersuchung im parallelen polarisirten Licht zeigt sofort, daß wir es hier mit Zwillingen zu thun haben; schon Grailich hat diese beschrieben, abgebildet und richtig gedeutet (Sitzungsber. der Wiener Akad. 11. Bd. Jahrg. 1853). Die Zwillingsgränze ist eine feine unregelmäßige Linie und die beiden Individuen machen an günstigen Stücken einen einspringenden Winkel von etwa  $120^\circ$ . Die Begrenzung ist theilweise gerade, parallel  $p$ , auch die Zwillingsgränze ist so ziemlich eine Fläche  $p$ . Parallel  $p_3$  sieht man an einzelnen Stellen einen deutlichen Faserbruch und sehr ausgeprägte Falten, letztere jedoch nur in einem Individuum, sowie feine Risse und Spalten; solche auch parallel  $b$  und  $a$ . Die Ebenen der optischen Axen machen mit einander  $60^\circ$  (Grailich l. c. spricht auch von einem Winkel der optischen Hauptschnitte von  $30^\circ$ , was ich aber nirgends beobachten konnte),

$$\varphi = 73^\circ \text{ (nach Grailich } 74^\circ \text{)}.$$

Dichroismus bei dickeren Stücken deutlich.

In der oben angegebenen Orientirung des Glimmers, (Ebene der optischen Axen senkrecht zur unteren Polarisationsebene) sieht man ein deutliches weißes Kreuz in dem gekühlten Glas.

Die Dichrolupe zeigt eine sehr unbedeutende Farbdifferenz der Bilder, die vielleicht nur von deren verschiedener Helligkeit herrührt und also nur scheinbar ist.

3. *Glimmer von Wildbad im Schwarzwald* aus dem dortigen grobkörnigen Granit. Ziemlich große Platten. Blond.

Die Blätterbrüche  $p_3$  und  $a$ , theilweise faserig, überwiegen so, daß man auf den ersten Anblick diese für die nur sehr untergeordnet vorhandenen Säulenflächen  $p$  nimmt. Der faserige Bruch und die Körnerprobe leiten aber leicht auf den rechten Weg. Parallel  $p_3$  eine sehr schiefe Falte, sowie feine Risse und Spalten. Solche auch parallel  $p$ . Eine tiefe Falte auch parallel  $b$ .

$$\varphi = 73^\circ.$$

Dove's Probe zeigt nichts, eben so wenig die Dichrolupe.

Enthält hell kirschrothe, theilweise sechsseitig begränzte Krystalltäfelchen eingeschlossen, welche wohl aus Eisenoxd bestehen.

4. *Glimmer von Grofsullersdorf in Mähren* aus dem Granit.

Theilweise geradlinig begränzt. Deutlich bemerkbar ist ein Theil eines Rhombus von  $60^\circ$ , dessen Seiten  $p$  sind, außerdem sieht man noch eine Fläche  $p_3$ . Hier ist der faserige Bruch sehr deutlich. Parallel  $p_3$  sieht man sehr starke Falten, ebenso parallel  $a$ , parallel  $p$  feine Spalten.

$$\varphi = 72^\circ.$$

Zeigt keinen Dichroismus.

5. *Glimmer von Freudenthal*. Mit Quarz aus dem Gneis von einem Bergabhang zwischen Karlsbrunnen und Ludwigsthal links vom Weg unweit Freudenthal.

Sehr deutlich rhombisch begränzt durch die Flächen  $p$ , parallel welchen verschiedene starke Risse. Parallel  $p_3$  ein sehr ausgeprägtes Faltensystem, etwas spärlicher auch parallel  $a$ .

$$\varphi = 71^\circ 25'.$$

Die Dove'sche Probe giebt ein weißes Kreuz. Die Dichrolupe giebt zwei verschiedene Bilder, das ordentliche ist röthlich braun, das außerordentliche hat einen Stich ins Grüne.

6. *Glimmer von Utön.* Dieser Glimmer wurde schon von Sénarmont untersucht und in die zweite Abtheilung gestellt, was entschieden unrichtig ist. (Siehe auch Reusch, am angeführten Ort). Die Ebene der optischen Axen ist unzweifelhaft senkrecht auf der charakteristischen Schlaglinie.

Hellblond mit silberartigem Glanz; ein faseriger Bruch parallel  $a$  ist sehr stark entwickelt; parallel damit auch sehr tiefe Risse. Weniger entwickelt ist ein Faserbruch und Risse parallel  $p_3$ , auch ein deutliches Faltensystem parallel  $p_3$ .

Der Glimmer ist von kleinen Feldspathkrystallen durchwachsen. Da wo ein solcher Krystall eine Lamelle durchsetzt, gehen oft Risse parallel  $p$  aus, eine Art natürlicher Körnerprobe.

Die Ebene der optischen Axen ist parallel, die charakteristische Schlaglinie senkrecht zum Hauptfaserbruch, also die Axenebene senkrecht zur charakteristischen Schlaglinie.

$\varphi = 71^\circ$  (nach Sénarmont  $72^\circ - 73^\circ$ ).

Dichroismus ist bloß bemerkbar, wenn man zur Dove'schen Probe ganz reine, durchsichtige Stücke ohne Spalten und Risse wählt, in diesem Falle sieht man aber, selbst bei dünneren Stücken, deutlich das weiße Kreuz. Sind dagegen Spalten und Risse vorhanden, so zeigen selbst dichtere Stücke keine Spur einer Farbenerscheinung auf der gekühlten Glasplatte.

7. *Glimmer von Cam in Bayern* (so steht auf der Etiquette, sollte es vielleicht Cam in Böhmen seyn? Graulich's Beschreibung eines Glimmers dorthier stimmt ganz mit dem vorliegenden, auch der Axenwinkel).

Aus einem sehr grobkörnigen Granit. Im weißen Feldspath sind ganz regelmässige rhombische Säulen eingewachsen. Die Säulenflächen stark horizontal gestreift, und nicht messbar. Der Blätterbruch, senkrecht dagegen, liefert ganz regelmässige rhombische Tafeln von blonder Farbe. Begrenzungsflächen  $p$ ; Ebene der optischen Axe in der Makrodiagonale.

Risse und Spalten sehr fein und sparsam parallel  $a$ .

$\varphi = 71^\circ$  (der von Cam in Böhmen nach Grailich

$\varphi = 71^\circ 40'$ ).

Kein Dichroismus bemerkbar, aber wohl bloß deshalb, weil bei der Untersuchung bloß ganz dünne Blättchen zur Verfügung standen.

8) *Glimmer von Kimito* (Finnland). Ebenfalls von Sénarmont untersucht. Er stellte ihn richtig in die erste Abtheilung. Farbe hellbraun oder dunkelblond. Kleine unregelmäßig begränzte Lamellen, bieten gar keinen Anhaltspunkt zur krystallographischen Orientirung und zeigen deshalb recht deutlich den Nutzen der Körnerprobe, welche sie in die erste Abtheilung verweist.

$\varphi = 70^\circ$  (bei Sénarmont  $67^\circ - 68^\circ$ ).

Dove's Probe zeigt ein weißes Kreuz. In der Dichro-lupe sind die beiden Bilder kaum verschieden.

9. *Glimmer von der Alpe Semeniz im Banat*, aus einem grobkörnigen Granit. Blond. Wie bei No. 7 vortrefflich ausgebildet, theilweise ziemlich lange rhombische Säulen, doch ist der rhombische Querschnitt theilweise etwas weniger regelmässig, bei manchen Blättchen sieht man auch  $b$  als Krystallfläche auftreten, man hat dann eine fast reguläre sechsseitige aber meist sehr verzogene Tafel, wo wieder nur optische Untersuchung unter Zuhilfenahme der Körnerprobe die Orientirung ermöglicht. Die abgespaltenen Blätter ganz eben ohne alle Falten und Krümmungen. Die Säulensflächen sind  $p$ , die Ebene der optischen Axen fällt in die größte Diagonale. Schlaglinien den Rhombenflächen und der Brachydiagonale parallel. Sprünge parallel  $p$  und  $p_3$ , schwach und spärlich. Beim Darstellen der Schlagfigur fällt es auf, daß bei schwächeren Schlägen nur die zwei Linien parallel den Rhombenseiten entstehen, erst bei stärkerem Schlag auch die parallel der Brachydiagonale.

Es scheint also, daß der Blätterbruch parallel  $p$  leichter darstellbar sey, als der parallel  $b$ .

$\varphi = 69^\circ 8'$ .

Nur sehr dünne Blättchen, weshalb kein Dichroismus



nachgewiesen, der aber, wie bei den meisten blonden Glimmern, wohl auch hier nicht fehlen würde, wenn man dichtere Platten zur Untersuchung hätte.

10. *Glimmer von Schönmünznach* im Murgthal im Schwarzwald, badisch-württembergische Gränze.

Aus dem grobkörnigen Granit. Weifs ins Bräunliche.

Die Blätter sind nach allen Seiten unregelmässig gefaltet und gekrümmt und zeigen nur Spuren einer gradlinigen Begrenzung  $p_3$ ; die aber unsicher ist. Deutlich einige Risse und Spalten parallel  $p$  und  $p_3$ .

Die Stücke, so unscheinbar sie aussehen, haben doch ein grosses Interesse. Betrachtet man sie nämlich im parallelen polarisirten Licht, so sieht man, dass dichte Blätter bei keiner Stellung gegen die Polarisationsebene ganz dunkel werden, was auf eine verschiedene Orientirung der aufeinander gethürmten Lamellen hinweist. Spaltet man nun ein solches dickes Stück in dünnere Lamellen, so sieht man bald im Polarisationsapparat, dass diese einzelnen Lamellen verschiedener Natur sind. Einige sind ganz homogen, andere sind Zwillinge, und beim Drehen der Lamelle wird jede Hälfte abwechselnd hell und dunkel. Weichere sind Drillinge und beim Drehen wird allemal nur je der dritte Theil hell und dunkel und jedesmal das nächste Drittel, wenn man eine Drehung um  $60^\circ$  ausgeführt hat. Bezeichnet man die Ebenen der optischen Axen durch Linien, so bilden diese auf den Drillingsstücken ein gleichseitiges Dreieck. Legt man nun die einzelnen Lamellen wieder auf einander, wo sie ursprünglich lagen, was bei wohl conservirten Umrissen leicht möglich ist, so zeigt sich die auffallende Erscheinung, dass die einfachen Lamellen und die Zwillingslamellen so liegen, dass die Ebene ihrer optischen Axen jedesmal mit der Ebene der optischen Axen in irgend einem Individuum der Drillingslamellen zusammenfällt. Dies zeigt sich auch, wenn man die sämmtlichen dünneren Spaltblätter mit genau parallelen Umrissen neben einander auf eine Glasplatte legt, und im parallelen polarisirten Licht betrachtet. Dann wird bei der Drehung der Glasplatte jedes-

mal mit einem Individuum der Drillingslamelle eines der Zwillingslamellen und endlich einige der einfachen Lamellen hell und dunkel.

$$\varphi = 68^\circ.$$

Dove's Probe zeigt bei dickeren Stücken ein weißes Kreuz. Die Bilder der Dichrolupe sind wenig verschieden.

11. *Glimmer vom Oranje-River, Kap.* Hellbraun oder blond.

Hat sehr ausgeprägte Krystallflächen.  $a$  und  $b$  sehr ausgedehnt. Auch der faserige Bruch  $p_3$  sehr entwickelt, nimmt ebenfalls am Umriss der vorliegenden Platte theil. Faserig ist auch  $a$  und parallel  $p_3$  sieht man prägnante Falten.

$$\varphi = 67^\circ 48'.$$

Dove's Probe zeigt ein weißes Kreuz, nicht sehr deutlich. Die Verschiedenheit der Bilder der Dichrolupe ebenfalls nicht deutlich.

12. *Glimmer von Bruch bei Rosenbach  $\frac{3}{4}$  Meilen von Gnadenfrei in Schlesien.*

Große Krystalle mit theilweise vollkommen grader Begrenzung, die einen unvollständigen Rhombus bildet.  $a$  und  $p_3$  sind ausgezeichnet faserig,  $p$  und  $b$  bilden die begrenzenden Krystallflächen; Falten parallel  $p_3$ , Spalten parallel  $p$  und  $b$ . An den Stellen, wo der Faserbruch am deutlichsten entwickelt ist, wird die ziemlich dicke Platte keilförmig und ganz regelmässig allmählich dünner und es hat den Anschein, als habe man es hier mit einer durch großen Druck erzeugten Abschiebefläche oder Gleitfläche zu thun, wie überhaupt die faserigen Brüche  $p_3$  und  $a$  häufig die Idee der Gleitflächen erwecken.

$$\varphi = 67^\circ 12'.$$

Dove's Probe giebt ein weißes doch ziemlich undeutliches Kreuz.

13. *Glimmer von Freiberg.* Weiß, sehr schwach röthlich.

Begrenzung unregelmässig, nur von einer Ecke gehen zwei eine Strecke weit gerade auf einander senkrecht stehende Begrenzungen aus,  $p$  und  $p_3$ , ersteres faserig und

senkrecht, letzteres nicht faserig und parallel einer Schlaglinie. Starke Spalten parallel  $p$ ,  $p_3$ ,  $a$  und  $b$ . Dagegen nur parallel  $p_3$  ein ausgeprägtes Faltensystem.

$$\varphi = 67^\circ 6'.$$

Dichroismus nicht nachweisbar.

14. *Glimmer von Münchberg, Fichtelgebirge.* Aus dem albithaltigen, grofskörnigen weissen Granit.

Die Farbe des Glimmers ist grün.

Parallel  $a$ , ein Faserbruch und ein System von Rissen und Spalten; sonst ist die Begränzung im Ganzen unregelmässig. Dagegen sitzt auf der Platte eine dünne Lamelle auf, welche ganz geradlinig von  $p_3$  und  $a$  begränzt ist.

Die Axenebene ist parallel der faserigen Begränzung, welche auch aussieht als wäre hierdurch gewaltsames Abschieben oder Abscheeren entstanden.

$$\varphi = 66^\circ 36'.$$

Dichroismus sehr deutlich. Dove's Probe giebt ein weisses Kreuz; das außerordentliche Bild der Dichrolupe ist viel mehr röthlich oder gelblich als das andere, die Hauptfarbe beider ist grün.

15. *Glimmer von Modum.* Silberweiss mit einem Stich in Grün. Parallel  $p_3$  ein so deutlicher Faserbruch, dass man die Platte an vielen Stellen nach diesem Faserbruch mit der grössten Leichtigkeit auseinandernehmen und dass man die feinsten seidartigen Fäden ablösen kann. Faserbrüche, aber nicht so ausgeprägt, auch parallel der zweiten Fläche  $p_3$  und  $a$ , welch letzterer auch ein Faltensystem parallel geht.

$$\varphi = 65^\circ 57'.$$

Dichroismus nicht nachweisbar.

16. *Glimmer von Auras.* Aus einem nordischen Geschiebe mit fleischrothem Feldspath.

Weiss mit einem Stich ins Braune.

Begränzungen sind nicht grade sondern kreisförmig gebogen, weshalb nicht genau bestimmbar, welche Flächen es sind, die eine davon ist sicher  $a$ , hat aber keinen Faserbruch. Parallel  $a$  auch eine Menge nicht sehr regelmässiger

Falten; Spalten, theilweise sehr prägnant, parallel  $p$ . Zwischen den einzelnen Blättern liegen spärliche gelbe Dendriten, scheinbar von Eisenoxydhydrat.

$$\varphi = 65^\circ.$$

Sehr dichroitisch. Ein sehr deutliches weißes Kreuz mit der Dove'schen Probe. Der Dichroismus ist so stark, daß man, wenn man statt des analysirenden Nikols im Nörremberg'schen Polarisationsinstrument eine dicke Platte dieses Glimmers anwendet, in einer andern Platte desselben die Hyperbeln bei gehöriger Stellung der analysirenden Platte (Ebene der optischen Axen parallel der untern Polarisations-ebene) mit der größten Deutlichkeit sieht.

In der Dichrolupe ist das außerordentliche Bild röthlich braun, das ordentliche grünlich braun.

17. *Glimmer von Aschaffenburg*. Blond. Unregelmäßige Begrenzung. Blätterbruch parallel  $a$  und  $p_3$ , welches letzterem ein Faltensystem parallel geht, bilden die Begrenzung. Auf eine kurze Strecke auch eine gerade Begrenzung parallel  $p$ .

$$\varphi = 64^\circ 48'.$$

Sehr deutlich dichroitisch. Weißes Kreuz bei der Dove'schen Probe, besonders wenn die Platte etwas dicker ist. Die Dichrolupe giebt eine weniger deutliche Reaction.

18. *Glimmer von Auerbach*. Große blonde Tafeln. Begrenzung sehr unregelmäßig; theilweise parallel  $p_3$  und  $a$ ; welchen beiden Flächen auch ausgezeichnete Faltensysteme parallel gehen; desgleichen einige Risse parallel  $p_3$ , die theilweise sehr stark sind.

$$\varphi = 62^\circ 56'.$$

Sehr bedeutender Dichroismus. Dove's Probe zeigt ein deutliches weißes Kreuz. Die zwei Bilder der Dichrolupe sind sehr verschieden gefärbt; das ordentliche hellgrünlich, das außerordentliche bläulichroth oder violett.

19. *Glimmer von Alstead, New-York*. Dies ist der in allen Sammlungen neuerer Zeit wohl bekannte blonde Glimmer mit den schönen dendritischen Einschlüssen. Das vorliegende Stück hat keine natürliche Krystallfläche, ist aber

theilweise von ganz graden und regelmässigen Blätterbrüchen umgränzt, die sich als parallel  $p$ ,  $a$  und  $b$  erweisen. Ausserdem parallel  $p$  viele theilweise prägnante Spalten.

Das merkwürdigste an diesem Glimmer sind die darin eingeschlossenen Dendriten. Sie sind von Farbe bald schwarz bald braun. Der Stoff, aus dem sie bestehen, ist nicht mit hinreichender Sicherheit bekannt, und wartet einer näheren Untersuchung. Die Aeste der Dendriten verlaufen nicht, wie bei anderen im Glimmer beobachteten Dendriten, in allen nur denkbaren Richtungen zwischen den zwei Lamellen, von welchen sie eingeschlossen werden, sondern es giebt keinen Ast, der nicht entweder der Richtung  $p$  oder  $b$  folgen würde, was man sofort sieht, wenn man mitten unter die Dendriten hinein eine Körnerprobe setzt; die Flüssigkeit, welche die Dendriten bildete, muß also wohl durch die den Glimmer in unzähliger Menge durchziehenden Spalten  $p$  und  $b$  eingedrungen seyn, und sich dann von hier aus zwischen den Lamellen ausgebreitet haben. Betrachtet man solche dendritenhaltige Platte unter dem Mikroskop bei nicht zu starker Vergrößerung (etwa 80 Mal), so nimmt man bei manchen, nicht bei allen, inmitten der braunen und schwarzen Massen ganz gerade verlaufende, sehr schmale, aber lange Linien wahr, welche auf den ersten Anblick aussehen wie eingewachsene fremde Krystalle. Man bemerkt aber sogleich, daß sie ebenfalls parallel  $p$  und  $b$  verlaufen, wie die Aeste der Dendriten selbst, und daß sie genau die Farbe des umgebenden Glimmers haben. Untersucht man sie noch weiter unter dem Polarisationsmikroskop, so sieht man, daß sie beim Drehen des einen Nikols immer zugleich mit dem Glimmer hell und dunkel werden, auch mit ihm stets einerlei Farbe im polarisirten Licht zeigen. Es ist soweit wohl kein Zweifel, daß diese vermeintlichen Krystalle weiter nichts sind, als Zwischenräume in der nicht oder wenig durchsichtigen Masse der Dendriten, durch welche man den reinen Glimmer hindurch sieht. Das Nähere über diese Verhältnisse müssen weitere Untersuchungen ergeben, die ich mir vorbehalte;

$$\varphi = 62^{\circ}.$$

Die Dove'sche Probe zeigt ein bei dickeren Stücken sehr deutliches weißes Kreuz, das bei ganz dünnen gar nicht mehr, oder kaum mehr wahrzunehmen ist.

Die beiden Bilder der Dichrolupe sind wenig verschieden.

20. *Glimmer von Easton, Pens.* blond, wie No. 19. Bildet große rhombische Krystalle mit sehr unregelmäßigen Säulenflächen; jede einzelne abgespaltene dünne Tafel ist dagegen ziemlich regelmäßig rhombisch begränzt, und zwar sind diese natürlichen Begränzungsflächen die Flächen  $p$ , welchen die zwei Schlaglinien parallel gehen. Risse und Spalten hauptsächlich parallel  $p_3$ , welcher Fläche auch ein System weniger aber vortrefflich ausgebildeter, ganz grade verlaufender Falten parallel geht. Bei einem Stücke ganz am Rand eine sehr starke Falte scheinbar parallel  $p$ , doch ist dies wohl Zufall, da sonst nie Falten parallel  $p$  beobachtet werden und diese vorliegende sehr unregelmäßig aussieht, und ihre Entstehung wohl nur einem im Gebirge ausgeübten Druck verdankt.

$$\varphi = 61^\circ.$$

Stark dichroitisch. Dove's Probe zeigt ein deutliches, weißes Kreuz; die Bilder der Dichrolupe wenig verschieden.

Dieser Glimmer zeichnet sich, wie No. 19, durch die darin eingeschlossenen Dendriten aus. Es ist ganz dieselbe Erscheinung wie bei No. 19, weshalb auf die Beschreibung dort verwiesen wird.

21. *Glimmer von West-Point, New-York.* Dunkelbottlegrün. Bildet ausgezeichnete, große rhombische Tafeln  $p$  mit der Abstumpfung  $b$  der scharfen Kante. Parallel  $a$  und  $p_3$  starke Falten, deren eine sehr fein und schnurgerade verläuft; die andere dagegen weniger regelmäßig. Erscheint im Polarisationsinstrument fast einaxig, da sich die Hyperbelen beim Drehen der Platte nur wenig entfernen. Die Dove'sche Probe zeigt aber durch das weiße Kreuz sofort, daß dieser Glimmer entschieden zweiaxig ist.

Der Axenwinkel ist klein, aber doch viel größer, als er zu seyn scheint. Die Messung desselben, so wie sämtlicher kleinerer Winkel ist mit dem gewöhnlich angewandten In-

strument zum Messen der Axenwinkel kaum ausführbar, und wurde daher im Nörrenberg'schen Apparat mittelst eines Mikrometers ausgeführt, für dessen Intervalle man vorher durch directen Versuch den Werth gefunden hatte, und zwar hatte sich ergeben:

$$i = 2^{\circ},$$

wo  $i$  das Intervall zwischen zwei Mikrometerstrichen bedeutet. Man fand den Winkel auf diese Weise:

$$\varphi = 12^{\circ}.$$

22. *Glimmer von Greenwood-Tournace bei Monroe Orange Cty, New-York.* Bouteillengrün. Große regelmässig begrenzte sechsseitige Tafeln  $p$  und  $b$ . Spalten theilweise sehr stark, parallel  $a$ ,  $b$ ,  $p$  und  $p_3$ . Falten parallel  $a$ .

Dove's Probe giebt ein weißes Kreuz. Das ordentliche Bild ist viel mehr gelblich- oder röthlichgrün als das außerordentliche.

$\varphi = 10^{\circ}$  mit dem Mikrometer gemessen.

Grailich (Wien. Akad. Bd. XI, Jahrg. 1853, S. 63) hat diesen Glimmer auch untersucht und giebt den Winkel der Axen  $= 0^{\circ}$  bis  $1^{\circ}$  an. Da er über die Art der Messung dieses Winkels nichts angiebt, und da ein solcher Winkel mit dem gewöhnlichen Instrument, wie es z. B. Müller in seinem Lehrbuch der Physik beschreibt, nicht wohl gemessen werden kann, so ist wohl anzunehmen, Grailich habe diesen Winkel einfach geschätzt nach der linearen Entfernung der Hyperbeln im Polarisationsinstrument. Diese Schätzung ist zwar bei solchen kleinen Winkeln an sich wohl zulässig, da es auf einige Grade hierbei nicht ankommt, sondern es sich doch hauptsächlich darum handelt, zu entscheiden, ob überhaupt ein Axenwinkel vorhanden ist, d. h. ob der Glimmer zweiaxig oder einaxig ist; man muß aber hierbei die größte Vorsicht anwenden, da man, wie schon erwähnt, die Winkel stets für viel kleiner hält, als sie in Wirklichkeit sind.

(Am angeführten Ort findet man auch eine Notiz Silliman's, die aus dessen »*American Journal etc.*« genommen ist, wo dieser Glimmer ebenfalls beschrieben wurde.)



23. *Glimmer vom rothen Kopf im Zillerthal.* Grünlich. Bilden sehr regelmässige Krystalle, scheinbar reguläre sechsseitige Säulen mit Gradendfläche. Auf dieser sitzen dann eine Anzahl dünnerer Lamellen rosenförmig aufgewachsen auf, und bilden Aggregate nach Art der Eisenrosen. Je mehr man sich dem freien Ende dieser Krystalle nähert, desto weniger leicht gelingt das Abspalten von Lamellen, da die einzelnen Blätter hier nicht mehr ganz parallel aufeinander liegen.

Die natürlichen Endflächen sind glatt, und die Lupe läßt keine Streifung darauf erkennen. Betrachtet man dagegen die Oberfläche einer sechsseitigen Spalllamelle, so bemerkt man sehr ausgeprägte Faltsysteme, welche senkrecht zu den Sechseckseiten verlaufen. Da wo zwei Faltsysteme zusammenstossen, entsteht eine deutlich vom Mittelpunkt nach einer Ecke des Sechsecks verlaufende Linie. Solcher Linien sind es im Ganzen sechs und diese sechs Linien zertheilen das Sechseck in sechs gleichseitige Dreiecke, deren jedes eine Spitze im Mittelpunkt des Sechsecks liegen hat, und deren gegenüberliegende Seiten die Sechseckseiten sind.

Die Schlaglinien sind alle parallel den Sechseckseiten.

Betrachtet man die Lamellen im parallelen polarisirten Licht, so sieht man alsbald, dafs man es hier mit Drillingen zu thun hat. Die Ebene der optischen Axen geht in jedem Individuum parallel der Streifung und senkrecht zur Sechseckseite, die Streifung ist also parallel  $a$ , die Sechseckseiten sind  $b$  und die Radiallinien  $p$ ; der Zwillings ist also nach dem gewöhnlichen Gesetz gebildet.

Die Täfelchen sind sehr spröde und brechen leicht nach graden Linien,  $p$  und  $p_0$ ,  $a$  und  $b$ .

Optisch ist wenig zu machen. Der Axenwinkel ist wegen der starken Streifung nicht bestimmbar, wenn auch die Richtung der Axenebene gut bestimmt werden kann.

Dichroismus kann auch nicht nachgewiesen werden.

24. *Glimmer von Eningen bei Reutlingen.* Braun, ganz dunkel, nur die dünnsten Blätter sind durchsichtig, aus dem Basaltuff. An der Oberfläche ganz matt und verwittert.

Rhombische Tafeln  $p$  mit abgestumpfter scharfer Kante  $b$ . Die Kanten sind nicht scharf, sondern abgerundet und wie geschlossen. Zwischen den einzelnen Blättern sind alle möglichen Verwitterungsproducte, wie Eisenoxydhydrat, Kalkspath, theilweise in ziemlich dicken Platten etc. abgelagert. Risse und Spalten wenig, entweder parallel den Seiten  $p$  und  $p_3$  oder parallel  $a$ . Schlagfiguren den Sechseckseiten parallel. Zweiaxigkeit mit voller Entschiedenheit nur durch die Dove'sche Probe zu erweisen; weiß man einmal, daß wirklich Zweiaxigkeit vorhanden ist, so sieht man auch bei der Drehung deutlich die Hyperbela in zwei aufeinander senkrechten Ebenen, welche mit den Polarisationsebenen  $45^\circ$  machen, auseinander gehen. Bringt man die Platte dann in die oben angegebene Stellung, so zeigt die Dove'sche Probe ein weißes Kreuz.

Die Bilder der Dichrolupe sind wenig verschieden.

Axenwinkel sehr klein und nicht bestimmbar.

25. *Asterisirender Glimmer von Canada*. Hellbraun, sehr schöne ebene Platten. Die mir zugänglichen sind mit der Scheere viereckig geschnitten und zeigen nur eine starke Falte parallel  $p_3$ .

Die Zweiaxigkeit ist im Polarisationsapparat nicht mit vollkommener Sicherheit zu sehen, sondern wird erst vollständig bewiesen durch den starken Dichroismus, die Dove'sche Probe zeigt nämlich ein starkes weißes Kreuz.

Der Axenwinkel sehr klein. Nicht bestimmt.

26. *Brauner Glimmer unbekannter Fundorts*. Eine für einen Glimmer auffallende rothe braune Farbe. Nicht sehr stark elastisch. Nur in ziemlich dünnen Stücken durchsichtig. Sieht sehr unregelmäßig zerklüftet und gefaltet aus und scheint, wenigstens an der Oberfläche, stark verwittert. Gleicht in dichten Stücken etwas dem Vermikulitähnlichen Pyrodesit Shepard's von West Chester, ist aber sicher zweiaxig, jener vielleicht einaxig. Zeigt in Dove's Probe ein starkes weißes Kreuz, dagegen sind die zwei Bilder in der Dichrolupe kaum verschieden.

Der sehr kleine Axenwinkel konnte nicht bestimmt werden.

27. *Grüner Glimmer vom Ural*. Große Tafeln ohne regelmäßige Begrenzung, eine starke Falte parallel  $p_3$ . Aufgelagert sind einige dünnere Blättchen mit ganz graden Begrenzungen  $p$ .

Die Schlaglinien so deutlich, daß sie nicht nur als feine Risse erscheinen, sondern daß sich die Tafeln nach diesen Linien leicht zerlegen lassen.

Dove's Probe zeigt ein weißes Kreuz, Axenwinkel sehr klein und nicht gemessen.

28. *Glimmer vom Laacher See*. Aus einer Basaltlava. Rothbraun und halb verwittert; zwischen den einzelnen Blättern alle möglichen Unreinigkeiten abgesetzt, besonders gelbes Eisenoxydhydrat. Die Blätter sind groß, theils regelmäßig begrenzt durch  $p$ , theils unregelmäßig. Sehr spröde und zerbrechlich.

Dove's Probe giebt ein weißes Kreuz, aber nicht sehr deutlich. Das ordentliche Bild der Dichrolupe ist rothbraun, das außerordentliche geht ins Grünliche.

#### B. Glimmer II. Art.

Die charakteristische Schlaglinie ist parallel der Ebene der optischen Axen. (Fig. 10 Taf. I.)

29. *Glimmer von Penig*. Aus dem Granit. Große rosaroth Blätter, lithionhaltig (Lepidolith oder Lithionit).

Sind unregelmäßig begrenzt, zeigen aber Spalten und Risse nach allen Säulenflächen. Falten parallel  $a$ . Die Tafeln sind häufig Zwillinge. Die Schlaglinien sind in beiden Individuen parallel und die Axenebenen schneiden sich unter  $60^\circ$ . Die Zwillinge haben also nach dem gewöhnlichen Gesetz  $p$  gemein und liegen umgekehrt.

Dove's Probe zeigt ein deutliches schwarzes Kreuz. Die Probe mit der Dichrolupe ist nicht deutlich, namentlich da die Platten nur sehr wenig reine, durchsichtige Stellen zeigen.

$$\varphi = 59^\circ 24'.$$

Birgt rothe Einschlüsse, welche vereinzelt herumliegen.

30. *Glimmer von Zinnwalde*. Lithionhaltig (Zinnwaldit). Ist sehr deutlich und rein sechsseitig begränzt, die einzelnen Tafeln sind aber nicht parallel aneinander gewachsen, und sind nicht durchaus gleichmäfsig gefärbt, sondern parallel mit dem Sechseck des Umrisses in verschieden gefärbte concentrische Lagen getheilt, ähnlich wie es etwa ein Achat-durchschnitt zeigt. Der Kern ist grau, die nach Ausen darauf folgenden Schichten sind theils ebenso gefärbt, theils braun, theils stahlblau etc. Die Blätter zeigen eine deutliche Streifung parallel *a* und senkrecht zu den Sechseckseiten *p* und *b*, ähnlich wie der Glimmer vom rothen Kopf No. 23. Hier entspricht aber nicht wie dort der Streifung eine Zwillingbildung, sondern die meisten Tafeln sind einfach. Doch sind auch schon da und dort Zwillinge der gewöhnlichen Art beobachtet worden, deren Grenzen aber von der Streifung völlig unabhängig sind. Sogar Drillinge wie bei No. 23 sind vorgekommen (Quenstedt, Lehrb. d. Mineralogie II. Aufl., S. 239).

$\varphi = 49^\circ$  (nach Grailich l. c. S. 67  $\varphi = 51^\circ 50'$ ).

Nur die braunen Stellen des Randes zeigen Andeutungen von Dichroismus.

31. *Glimmer von Penig*. Etwas stärker rosaroth gefärbt als der ebenfalls von Penig stammende Glimmer No. 29 und ebenfalls lithionhaltig.

Ebenfalls Zwillinge wie dort. Die Tafeln unregelmäfsig begränzt und sehr eben und spröde.

Der Axenwinkel wurde mit dem Mikrometer gemessen und ergab:

$\varphi = 32$  bis  $36^\circ$ .

Zwar ist die Messung so grosfer Winkel mit dem Mikrometer kaum mehr zulässig, doch hat die zur Vergleichung angestellte Messung eines ungefähr ebenso grosfen Winkels an einem andern Glimmer ergeben, dafs die auf beiderlei Art erhaltenen Resultate ziemlich übereinstimmen.

Der kleinere Axenwinkel und der ganze Habitus zeigt, dafs die zwei Varietäten von Penig verschieden sind. Ausserdem scheint noch eine weitere mit viel gröfserem Axenwin-

kel dort vorzukommen, den Grailich erwähnt (l. c. S. 78). Er giebt an:  $\varphi = 76^{\circ} 30'$ .

## II. Einaxige Glimmer.

32. *Glimmer vom Vesuv.* Bouteillengrüne sechsellige ziemlich hohe Säule. Natürliche Begränzung parallel den Schlaglinien, welche die Richtung der Flächen der ersten sechseitigen Säule andeuten. Bei der Darstellung der Körnerprobe springen oft Stücke mit gradliniger Begränzung ab, welche aber der zweiten sechseitigen Säule entspricht.

In dem Polarisationsinstrument ist keine Veränderung des Mittelpunkts des schwarzen Kreuzes zu bemerken, auch keine Spur von Dichroismus, weshalb dieser Glimmer wohl sicher einaxig ist.

33. *Glimmer vom Vesuv.* Braun und nur die dünnsten Blättchen durchsichtig. Regelmässige sechseitige Säule, deren Flächen die Schlaglinien parallel sind.

Keine Spur von Dichroismus.

34. *Glimmer von Pospsham, Nordamerika.* In einem grobkörnigen Granit mit weissem zweiaxigen Glimmer.

Sehr unregelmässig begränzt, stark und ebenfalls unregelmässig zerklüftet. Sehr spröde, so dass sich nur mit der grössten Vorsicht dünne Blättchen von einiger Grösse abspalten lassen. Nur die dünnsten Blättchen sind durchsichtig und sind dann dunkelbouteillengrün, dicke Stücke sind fast schwarz. Beim Spalten und bei Anstellung der Körnerprobe springen zuweilen Blättchen von regelmässiger Begränzung ab, welche sich als die erste sechseitige Säule parallel den Schlaglinien erweist.

Das schwarze Kreuz geht beim Drehen nicht auseinander und Dove's Probe sowie die Dichrolupe zeigen keinen Dichroismus.

35. *Glimmer vom Fassathal in Tyrol.* Gelblichgrüne, regelmässige sechseitige Säulen sitzen auf Kalkspath. Die Flächen sind zwar ziemlich glatt, aber nicht messbar. Die einzelnen Tafeln nicht parallel, sondern rosenförmig übereinander gelagert. Die abgespaltenen sechseitigen Tafeln

zerbrechen leicht am Rand und zeigen dann neben der als natürliche Krystallfläche auftretenden ersten sechsseitigen Säule noch Bruchflächen parallel dieser und der zweiten, welchen beiden auch Spalten parallel gehen. Die Schlaglinien wegen der grossen Weichheit der Substanz schwierig herzustellen.

Ist sicher einaxig.

36. *Glimmer vom Aostathal*. Blutroth, ganz unregelmässig begränzt. Wird blofs angeführt, weil er auch sicher einaxig ist.

### III. Einige andere glimmerähnliche Mineralien.

37. *Klinochlor von West-Chester*. Zeigt den bekannten Dichroismus. Grofser unregelmässig rhombisch begränzter Krystall. Das Abspalten dünnerer Blätter geht viel schwerer als beim Glimmer, und es zeigen sich viele Falten und Spalten. Die Schlaglinien sind den natürlichen Begränzungsflächen und der Abstumpfung der scharfen Kante der Säule parallel. Die Axenebene in der Makrodiagonale, also erster Ordnung. Der Axenwinkel ist ziemlich grofs, aber nicht bestimmbar.

38. *Pennin vom Monte Rosa*. In Rhomboëdern krystallisirt. In den abgespaltenen Blättchen gehen die Schlaglinien den Seiten des Sechsecks parallel.

Zeigt sich sowohl im Polarisationsinstrument als bei der Untersuchung auf Dichroismus vollständig einaxig. Diefs Verhalten zeigt auf das Deutlichste, dafs der Pennin einaxig und rhomboëdrisch ist, denn wäre er zweiaxig, so müfste er auch senkrecht zur Gradendfläche sicher Dichroismus zeigen, wie er es senkrecht zur Säule auf so ausgezeichnete Weise thut. (Siehe dagegen: »Naumann, Elemente der Mineralogie, welcher die rhombische Krystallform des Pennins bezweifelt, und meint, sie werde sich als 2 + 1gliedrig erweisen und dann sey der Pennin als selbstständige Species aufzugeben und mit dem Klinochlor zu vereinigen, für welche bei den Mineralien allerdings Keningott, Uebers. mineral. Forschungen 1862 bis 1865 dieselbe Form annimmt. Die

optische Untersuchung beweist stets den verschiedenen Charakter des Pennin und Klinochlor.)

39. *Vermikulit von West Chester, Pennsylvania.* Das vorliegende Exemplar ist wohl Pyroïdesit Shepard's (Jefferisit Brush) (*Americ. Journal of sciences* t. 41, März 1866. Der eigentliche Vermikulit findet sich darnach nur zu Milbury). Gelbbraun mit dunkleren Flecken, in dünnen Lamellen hellgelb braun und sehr weich, man kann ihn fast wie Seife mit dem Messer schneiden. Sehr deutlich blättrig, aber weniger deutlich als die Glimmer. Die abgespaltenen Blätter reißen sehr leicht entzwei.

Die Begrenzung ist theilweise gradlinig, theils sieht man starke Risse und Spalten, parallel welchen die Schlaglinien, deren Herstellung aber wegen der Weichheit der Substanz sehr schwierig ist.

Optisch kann nichts Sicheres gesagt werden. Das schwarze Kreuz scheint bei der Drehung etwas auseinander zu gehen, was auf Zweiaxigkeit mit kleinem Axenwinkel hinweist. Die zur Untersuchung vorliegenden Stücke waren aber sehr schlecht und von Dichroismus keine Spur zu sehen, weshalb hier in dieser Sache nicht entschieden werden kann. In den Beschreibungen des Jefferisit ist er stets als zweiaxig mit kleinem Winkel von  $1^{\circ}$  bis  $15^{\circ}$  oder  $16^{\circ}$  angegeben, zum Unterschied von dem einaxigen Vermikulit.

40. *Blättriger Talk vom Greiner im Zillerthal.* Grün. Einige Blätter ganz regelmäsig rhombisch begrenzt, die schwierig darstellbaren Schlaglinien den Rhombenseiten parallel und die Ebene der optischen Axen in der großen Diagonale. Eine Unmasse von Falten und Spalten, welche ein mit dem Messer abgespaltenes Stück fast undurchsichtig machen.

$\varphi = 13^{\circ}$  für weißes Licht Descloizeaux, (*Manuel de Minéralogie*), giebt  $\varphi = 17^{\circ}$  für rothes,  $16^{\circ}$  für blaues Licht und in den: »*Nouvelles recherches*, für eine Platte von Rhode Island(?), für rothes Licht  $\varphi = 19^{\circ} 1'$ , für blaues  $\varphi = 17^{\circ} 56'$ .



Diefs war bei  $21^{\circ},5$  C. Bei Erhitzen auf  $170^{\circ},8$  war keine Aenderung des Axenwinkels zu bemerken.

Fassen wir die Resultate vorliegender Untersuchung zum Schlufs zusammen, so ergibt sich in Kürze Folgendes:

- 1) Der Glimmer krystallisirt theils zweigliedrig, theils rhomboëdrisch.
- 2) Die natürlichen Begränzungsflächen sind bei zweiaxigen  $p$  und  $b$ , bei den einaxigen die erste sechseitige Säule.
- 3) Sind auch die Blätterbrüche  $p_3$  und  $a$  zuweilen an den Falten und der Fasrigkeit von  $p$  und  $b$  zu unterscheiden, so ist doch bis jetzt die Körnerprobe das einzige Mittel, um in jedem Fall sicher beide Systeme von Blätterbrüchen unterscheiden zu können. Die Schlaglinien gehen stets parallel  $p$  und  $b$  oder parallel der ersten sechseitigen Säule.
- 4) Bei den meisten Glimmern ist die Ebene der optischen Axen parallel der großen Diagonale. Bei einigen wenigen parallel der kleinen. Diese letzteren sind Lithionglimmer, so dafs es scheint, als ob blofs alle Lithionglimmer II. Art wären. (Auch in dem Aufsatz von Reusch: 9. Juli 1868 ist der einzige Glimmer II. Art ein Lithionglimmer.)
- 5) Wird bei Anstellung der Dove'schen Probe die Glimmerplatte in der angedeuteten Stellung angebracht also so, dafs die große Diagonale senkrecht zur untern Polarisationsebene ist, so sieht man bei allen von mir untersuchten Glimmern I. Art ein weifses Kreuz, der einzige II. Art von Penig zeigt ein schwarzes. Es wäre nun noch zu untersuchen, ob das bei allen Glimmern II. Art der Fall ist, dann hätte man das interessante Gesetz: Bei allen Glimmern I. Art werden die in der kleinen Diagonale schwingenden Strahlen stärker absorbirt, bei allen Glimmern II. Art (Lithionglimmern) aber die in der großen Diagonale schwingenden Strahlen. Um dies als Gesetz aufstellen zu können, wäre es allerdings nöthig, eine größere Anzahl Glim-

mer II. Art in dieser Richtung zu untersuchen. Es wäre diese Untersuchung um so interessanter, da schon Dove (Farbenlehre S. 268) eine Beziehung zwischen der Orientirung der optischen Axen gegen die Krystallform und der Absorption des polarisirten Lichtes vermuthet.

6) Die Dichrolupe giebt nur in seltenen Fällen ein sicheres Resultat.

Tübingen, April 1869.

## II. Ueber die Gültigkeit der Ohm'schen Gesetze für Elektrolyte und eine numerische Bestimmung des Leitungswiderstandes der verdünnten Schwefelsäure durch alternirende Ströme;

von F. Kohlrausch und W. A. Nippoldt.

(Schluss von S. 298.)

6. Experimentelle Prüfung der Ohm'schen Gesetze für Elektrolyte.

a) Mit alternirenden Strömen.

Die Gültigkeit der Ohm'schen Gesetze für zersetzbare Leiter kann nicht *a priori* erwartet werden; sie steht im Gegentheil, wie Clausius ausführlich nachgewiesen hat<sup>1)</sup>, im Widerspruch mit der gewöhnlichen Ansicht über die Stabilität chemischer Verbindungen. Dafs man von einem Widerstande der Flüssigkeiten im Ohm'schen Sinne redet, kann also nur durch besondere Versuche gerechtfertigt werden. Man hat bekanntlich die Resultate mancher Erfahrungen auf ein abweichendes Verhalten der Elektrolyte in dieser oder jener Richtung zurückzuführen gesucht. Meistens sind diese Schlüsse vor einer späteren Kritik gefallen<sup>2)</sup>.

1) Diese Ann. Bd. 101, S. 347.

2) Vgl. Beetz, über Polarisation, Zersetzungskraft und Uebergangswiderstand. Ebd. Bd. 94, S. 194. — Ders. über Elektrizitätsleitung in Elektrolyten, welche in Capillarröhren eingeschlossen sind. Ebd. Bd. 125, S. 126.

indessen darf die Frage keineswegs als erledigt betrachtet werden. Denn erstens wurden bei den früheren Versuchen Hydroketten, gewöhnlich von mehreren Elementen, also sehr große elektromotorische Kräfte angewandt. Es steht aber zu erwarten, daß Abweichungen vom Ohm'schen Gesetze, wenn sie überhaupt vorhanden sind, vorzugsweise bei schwachen elektromotorischen Kräften merklich werden; es wäre also möglich, daß sie wegen ihrer Geringfügigkeit bei den früheren Versuchen unmerklich gewesen sind.

Zweitens ist selbst dieser Nachweis mit constanten Strömen nur bei solchen Flüssigkeiten mit aller Genauigkeit zu führen, welche keine Polarisation geben, und es ist wohl auch behauptet worden, daß in den Flüssigkeiten, in welchen der Strom durch Zersetzung eine Arbeit thut, das Ohm'sche Gesetz ungültig seyn müsse <sup>1)</sup>).

Durch die im vorigen Abschnitt mitgetheilte Versuchsreihe ist nachgewiesen, daß in der Säule von Schwefelsäure (deren Gesamtlänge 1011<sup>mm</sup> betrug) bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit unseres Inductors von 4,8 Umdrehungen in einer Secunde noch kein Unterschied in dem Verhalten der Flüssigkeit von dem eines metallischen Leiters stattfindet. Hierdurch ist also nicht nur der Ausschluß der Polarisationswirkung, sondern zugleich die Gültigkeit des Ohm'schen Gesetzes bis zu der elektromotorischen Kraft gezeigt worden, welche dieser Umdrehungszahl des Inductors entspricht, und welche nach Abschnitt 4 im Mittel  $= \frac{4,8}{171}$  oder  $\frac{1}{36}$  Grove ist.

Es wurde der Versuch gemacht, durch weitere Verminderung der Geschwindigkeit zu noch kleineren elektromotorischen Kräften abzustiegen. Freilich leidet die Genauigkeit der Beobachtung alsdann durch die Schwierigkeit, die Sirene auf dem tiefen, kaum hörbaren Tone constant zu erhalten, sowie durch die Kleinheit der Dynamometerausschläge. So viel aber ist doch aus den Versuchen zu constatiren, daß auch hier eine erhebliche Abweichung von

1) Holtzmann, diese Ann. Bd, 92, S. 577.

den Ohm'schen Gesetzen nicht stattfindet. Es ergab sich nämlich:

Drehungszahl	2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	12,8	18,1	25,7
Ausschl. ) Schwefels.	0,38	0,60	1,16	3,19	6,01	12,39	26,38	50,25
) Metall	0,50	0,85	1,52	3,52	6,07	12,73	26,16	49,02
Unterschied	— 0,12	— 0,25	— 0,36	— 0,33	— 0,06	— 0,34	+ 0,22	+ 1,22

Auch hier bleiben die Abweichungen innerhalb der Beobachtungsfehler. Auffallend ist immerhin die Regelmäßigkeit des Vorzeichens; der Grund davon aber dürfte darin zu suchen seyn, daß hier, bei der sehr langsamen Drehung, ein Einfluß der Polarisation hervortritt, welcher die Ausschläge mit eingeschalteter Schwefelsäure geringer werden läßt. Auf einem Wege, dessen Ausführung einer späteren Mittheilung vorbehalten, dessen Resultat aber um des Zusammenhanges willen hier mitgetheilt werden mag, läßt sich aus den früheren Versuchen mit den kleineren Elektroden unter gewissen Voraussetzungen über die Natur der Polarisation eine Correction berechnen, wonach die obigen Unterschiede, in derselben Reihenfolge wie oben, werden:

+0,17 — 0,05 — 0,17 — 0,13 + 0,07 — 0,41 — 0,05 + 0,54,

wodurch also sowohl die Summe der Fehlerquadrate auf etwa den vierten Theil reducirt wird, als auch die Regelmäßigkeit des Vorzeichens verschwindet.

Man muß hiernach sagen, daß die Elektricitätsleitung in der etwa 1 Meter langen Säule von Schwefelsäure mit einem Querschnitt von  $108 \text{ mm}^2$  bei einer elektromotorischen Kraft von  $\frac{2,3}{171}$  oder  $\frac{1}{74}$  Grove merklich noch die Ohm'schen Gesetze befolgt.

Um die Versuche auch mit einer Flüssigkeit anzustellen, bei welcher alle Polarisation von vorn herein ausgeschlossen ist, wurden sie in ähnlicher Weise mit Zinkvitriol-Lösung wiederholt. Als Elektroden dienten zwei gut amalgamirten Zinkcylinder von  $58 \text{ mm}$  Durchmesser und  $80 \text{ mm}$  Höhe. Dieselben standen in zwei mit Zinklösung ge-

füllten Gläsern, die durch eine ebenfalls gefüllte  $\Omega$ förmige Glasröhre von 154<sup>mm</sup> Länge und 166,2<sup>mm</sup> innerem Querschnitt überbrückt waren. Als Mittel aus zwei Beobachtungssätzen wurde gefunden

Drehungszahl	4,5	6,4	9,1	12,8	18,1	25,7	36,3	51,3	72,6
Ausschl.	{ Flüss.	0,70	1,55	3,14	6,36	12,68	24,67	46,74	86,24
	{ Metall	0,68	1,52	3,03	6,38	12,65	24,42	47,31	86,23
Unterschied		+0,02	+0,03	+0,11	-0,02	+0,03	+0,25	-0,57	+0,01

Auch hier herrscht eine Uebereinstimmung, welche nicht besser erwartet werden kann.

Außer der Bestätigung des Ohm'schen Gesetzes liefern die letzteren Beobachtungen ein Mittel, die mit alternirenden Strömen bestimmten Widerstände durch eine Vergleichung mit den von Beetz erhaltenen Zahlen zu prüfen. Die Zinkvitriollösung enthielt 16,6 Gewichtstheile wasserfreies Salz auf 100 Gewichtstheile Lösung und hatte die Temperatur + 16,2. Aus den Versuchen von Beetz <sup>1)</sup> findet sich das specifische Leitungsvermögen dieser Flüssigkeit = 0,000003834; Quecksilber = 1 gesetzt. Die Flüssigkeit in unserer Glasröhre mußte hiernach den Widerstand  $\frac{154}{166,2} \cdot \frac{1}{0,003834}$  oder 242 Q. E. darbieten. Der metallische Widerstand, welchem die obigen Ausschläge entsprechen, ist aber = 271 Q. E., wonach also der Widerstand in jedem Gefäße = 14,5 Q. E. gewesen wäre, das heißt einer Verlängerung der Flüssigkeitssäule in der Röhre um 9<sup>mm</sup> entsprochen hätte, was der Wahrheit sehr nahe kommen wird.

Nach diesen Versuchen mit dem Inductor darf wohl als bewiesen angenommen werden, daß die Elektrizitätsleitung in Elektrolyten bei den geringsten elektromotorischen Kräften, welche praktisch von Bedeutung sind, noch die Ohm'schen Gesetze befolgt, oder mit anderen Worten, es war weder eine besondere Zersetzungskraft noch ein von der Stromstärke abhängiger Uebergangswiderstand in merklicher GröÙe vorhanden.

1) Diese Ann. Bd. 117, S. 10.

## b) Prüfung mit Thermoströmen.

Bei dem großen theoretischen Interesse der Elektricitätsleitung in zersetzbaren Flüssigkeiten schien es wünschenswerth, die Versuche auf noch kleinere elektromotorische Kräfte auszudehnen. Obwohl nun die Magneto-Induction das einfachste Mittel zur Herstellung solcher geringer Kräfte bietet, und auch unser Inductor leicht in diesem Sinne hätte abgeändert werden können, so ist doch das Dynamometer wegen der Eigenthümlichkeit, daß die Ausschläge dem *Quadrate* der Stromstärke proportional sind, zu der Messung sehr schwacher Ströme ungeeignet. Daher muß man zu dem gewöhnlichen Galvanometer, also zu constanten Strömen greifen, wodurch leider die Wahl der zu untersuchenden Flüssigkeiten beschränkt wird.

Es wurde die obige Zinkvitriollösung genommen, und zwar in einem parallelepipedischen Gefäß mit rechteckigem Querschnitt. Der Querschnitt der Flüssigkeit betrug  $2401\text{ mm}^2$ , ihre Länge zwischen den amalgamirten Zinkelektroden, welche den Querschnitt des Gefäßes ausfüllten,  $83\text{ mm}$ . Als Stromerregere diente ein Thermoelement aus (käufllichem, ausgeglühtem) Kupfer- und Eisendraht. Die beiden Verbindungsstellen tauchten in mit verdünntem Alkohol gefüllte Gefäße, in denen Thermometer angebracht waren. Die Ströme wurden an einem Nobili'schen Multiplicator mit astatischer Nadel gemessen.

Zuvörderst sollte die elektromotorische Kraft des Thermoelementes bestimmt werden, was durch Vergleichung mit einem Grove'schen Element mittels eines ähnlichen Verfahrens wie bei dem Inductor geschah. Das Galvanometer war zuerst durch mehrere Ströme von bekannter Intensität graduirt, das heißt es war die Correction bestimmt worden, welche einem beobachteten Ausschlage der Nadel hinzugefügt werden mußte, um die Tangente des so corrigirten Winkels der Stromstärke proportional zu setzen. Die corrigirten Ausschläge sollen mit  $q$  bezeichnet werden.

Nun wurde ein Grove'sches Element unter Einschaltung von 10000 Q. E. durch das Galvanometer geschlossen.

Der Ausschlag betrug  $63^{\circ},2$ ; die Correction für diesen Winkel ist  $-2^{\circ},55$ , also  $\varphi = 60^{\circ} 39'$ . Daraus ergibt sich, die elektromotorische Kraft Grove durch  $G$  bezeichnet, wenn Const. eine von dem Galvanometer abhängige Zahl bezeichnet,

$$\text{Const. } G = 10000 \cdot \tan 60^{\circ} 39'.$$

Darauf wurde der Widerstand Galvanometer + Thermo-element zu 1,24 Q. E. bestimmt. Endlich wurde das Thermo-element bei einer Temperaturdifferenz  $\theta$  der Löthstellen unter Einschaltung von 9,20 Q. E. durch das Galvanometer geschlossen und dabei der corrigirte Ausschlag  $\varphi$  beobachtet. Setzt man Proportionalität der elektromotorischen Kraft mit der Temperaturdifferenz  $\theta$  voraus, und nennt, wenn diese  $1^{\circ}$  beträgt, erstere  $e$ , so ist

$$\text{Const. } e = \frac{10,44}{\theta} \tan \varphi$$

wonach

$$\frac{e}{G} = \frac{1}{\theta} \frac{10,44}{10000} \frac{\tan \varphi}{\tan 60^{\circ} 39'} = \frac{0,000587}{\theta} \tan \varphi.$$

Folgendes sind die Resultate:

$\theta$	$\varphi$	$\frac{e}{G}$
$7^{\circ},88$	$5^{\circ} 53'$	0,00000768
$11,28$	$8 \ 37$	0,00000789
$16,36$	$13 \ 14$	0,00000844
$29,38$	$22 \ 7$	0,00000812.

Im Mittel also ist die elektromotorische Kraft des Kupfer-Eisen-Elementes bei  $1^{\circ}$  C. Temperaturdifferenz gleich

$$0,00000803 = \frac{1}{125000}$$

der elektromotorischen Kraft Grove<sup>1)</sup>.

- 1) Wild findet für  $1^{\circ}$  C. Temperaturdifferenz die thermo-elektromotorische Kraft Neusilber, Kupfer = 0,00001108 Daniell. Nach Wiedemann ist Kupfer, Eisen =  $\frac{3,81}{3,86}$  Neusilber, Kupfer, also, wenn man Grove =  $1\frac{1}{2}$  Daniell setzt, Kupfer, Eisen = 0,00001096 Daniell = 0,00000626 Grove. — R. Kohlrausch hat nach elektroskopischen



Die Frage nach der Gültigkeit des Ohm'schen Gesetzes läßt sich wiederum so formuliren: ist der metallische Widerstand, durch welchen ein Elektrolyt in einer Stromschliessung ersetzt werden muß, damit der Strom unverändert bleibt, unabhängig von der elektromotorischen Kraft, welche letzteren hervorbringt?

Mit einem Grove'schen Element bestimmt, fand sich der Widerstand der oben beschriebenen Zinklösung bei  $16^{\circ},0 = 8,89 \text{ Q. E. } ^1)$  Dieselben Bestimmungen mit der Thermosäule, bei welchen eine kleine Polarisation durch passendes Commutiren eliminirt wurde, ergaben die scheinbaren Widerstände  $w$ , wenn die elektromotorische Kraft,  $\text{Grove} = 1$  gesetzt,  $= E$  war,

$$\begin{array}{cccc} E = & 0,000236 & 0,000131 & 0,000091 & 0,000063 \\ w = & 9,24 & 9,29 & 9,34 & 9,87. \end{array}$$

Die Unterschiede sind in Anbetracht der größeren Unsicherheit der Messungen mit dem Thermoelement klein zu nennen. Sie zeigen allerdings eine regelmässige Zunahme mit abnehmender elektromotorischer Kraft, so wie sie einer Ungültigkeit des Ohm'schen Gesetzes entsprechen würde. Und zwar würden sie, hierauf zurückgeführt, verlangen, daß das Gesetz der Elektricitätsleitung in der Zinklösung dargestellt wird durch  $i = \frac{E - 0,0000056}{w}$ . Die Gröfse 0,0000056 entspricht der thermoelektrischen Kraft des Kupfer-Eisen-Elementes bei der Temperaturdifferenz  $0^{\circ},7$ . Hierbei ist aber noch zu erwägen, daß in dem Rheostaten, welcher mit der Zinklösung vertauscht ward, mehrere Verbindungsstellen Messing-Neusilber und Messing Platin vorhanden waren, so daß kleine, durch äußere Umstände bewirkte Temperaturdifferenzen an diesen, wenn sie während der Versuche sich ziemlich constant erhielten, den Betrag und die Regelmässigkeit

Messungen Neusilber, Eisen  $= 0,000012$  Daniell, folglich, ebenso reducirt, wie oben, Kupfer, Eisen  $= 0,0000034$  Grove geschätzt. Vgl. Wiedemann, Galvanismus I, S. 564. 565.

1) Daraus ergibt sich das auf Quecksilber reducirte Leitungsvermögen  $= 0,00000389$ . Beetz findet 0,00000382.

keit der Abweichungen erklären würden. Es läßt sich also nur schliessen, daß die etwaigen Abweichungen vom Ohm'schen Gesetze innerhalb der Unsicherheit der Beobachtungen lagen.

Zweitens kann man zur Prüfung des Ohm'schen Gesetzes auch in directer Weise die Frage stellen: ist die Stromstärke proportional der elektromotorischen Kraft? Oder, wenn man sich auf so kleine Temperaturdifferenzen des Thermoelementes beschränkt, daß die elektromotorischen Kräfte diesen genau proportional zu nehmen sind, und auf so kleine Galvanometerausschläge, daß zwischen ihnen und der Stromstärke Proportionalität stattfindet: ist der Ausschlag der Temperaturdifferenz proportional?

Versuche hierüber lassen sich einfacher anstellen, als die vorigen, insbesondere so, daß zufällige nicht übersehbare thermoelektrische Kräfte in der Leitung ausgeschlossen sind. Das ist bei den folgenden Versuchen der Fall, und aus ihren Resultaten scheint sich in der That zu ergeben, daß diese Proportionalität auch im Elektrolyten bei den kleinsten Kräften noch stattfindet, welche ohne sehr verwickelte Einrichtungen überhaupt meßbar sind.

Der Alkohol an der einen Verbindungsstelle war um wenige Grade erwärmt. In der Zeit, während welcher die Temperatur sich langsam ausglich, wurde der Ausschlag der Nadel beobachtet, wenn der Strom in der einen oder in der entgegengesetzten Richtung durch den Multiplicator ging. Da die Zinklösung eine mit der Zeit veränderliche Polarisation zeigte (deren elektromotorische Kraft allerdings kleiner blieb, als  $\frac{1}{10000}$  Grove, aber doch die der Thermosäule erheblich überwog), so wurde der Strom jedesmal in dem Multiplicator und in der Zinklösung commutirt. Um nicht Zeit mit dem Beruhigen der Nadel zu verlieren, war ihr logarithmisches Decrement bestimmt worden, so daß man aus je zwei aufeinander folgenden Umkehrpunkten die Einstellung berechnen konnte. Jedesmal wurden fünf Elongationen beobachtet. — Nach jedem Commutiren des Stromes wurden die in  $\frac{1}{3}$  Grade getheilten Thermometer abgelesen,

zwei an der erwärmten, eins an der kalten Berührungsstelle des Thermoelementes. Die Thermometer waren genau mit einander verglichen. Die Reduction der Ablesungen auf gleiche Zeiten geschah durch Mittelnehmen aus den vorausgehenden und folgenden Beobachtungen, wie das Beispiel zeigt.

	I.	II.	I.	II.	II.
Temperaturdifferenz	2°,40	2,30	2,14	2°,04 C.	
Einstellung der Nadel	7,21	8,76	6,99	8,46	6,96
Mittel		7,10	8,61	6,97	usw.
Ausschlag der Nadel		1,66	1,62	1,49	
Zugehörige Temp.-Diff.		2°,35	2,22	2°,09 C.	

So wurden zu den Temperaturdifferenzen  $\theta$  folgende Ausschläge  $\varphi$  der Nadel erhalten:

$\theta$	$\varphi$	$\theta$	$\varphi$	$\theta$	$\varphi$	$\theta$	$\varphi$	$\theta$	$\varphi$	$\theta$	$\varphi$
3,54	2,43	2,62	1,74	1,74	1,29	1,13	0,64	0,75	0,48	0,39	0,20
3,36	2,25	2,45	1,68	1,66	1,10	1,07	0,77	0,71	0,49	0,35	0,14
3,17	2,10	2,35	1,70	1,58	1,09	0,99	0,75	0,66	0,47	0,30	0,10
3,04	2,03	2,22	1,66	1,43	1,06	0,94	0,71	0,61	0,26	0,26	0,19
2,88	2,01	2,09	1,53	1,28	1,01	0,86	0,60	0,56	0,38	0,24	0,22
2,77	1,97	1,96	1,38	1,17	0,90	0,80	0,59	0,48	0,47	0,21	0,20
		1,84	1,32					0,43	0,38		

Um die Resultate von den Beobachtungsfehlern zu befreien, mögen aus jeder der sechs Gruppen  $\theta$  und  $\varphi$  die Mittel genommen werden. Zugleich sollen neben ersteren die ihnen entsprechenden elektromotorischen Kräfte  $E$  Platz finden, bezogen auf Grove = 1. Endlich werden in der letzten Reihe die beobachteten Werthe von  $\varphi$  angegeben, welche sich unter Voraussetzung der Proportionalität der Stromstärke mit der elektromotorischen Kraft ergeben.

$\theta$	$E$	beob.	$\varphi$ ber.
3°,13	0,00002514	2°,13	2°,18
2,22	0,00001783	1,57	1,54
1,48	0,00001188	1,07	1,03
0,96	0,00000779	0,68	0,67
0,60	0,00000482	0,42	0,42
0,29	0,00000233	0,16	0,20.

Die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung ist so groß, daß man die Gültigkeit des Ohm'schen Gesetzes für die Zinkvitriollösung von 83<sup>mm</sup> Länge und 2400<sup>mm</sup> Querschnitt bis zu einer elektromotorischen Kraft von 0,00000233 oder  $\frac{1}{429086}$  Grove hierdurch als bewiesen ansehen kann.

Aus der elektromotorischen Kraft des Thermoelements läßt sich leicht überschlagen, daß der schwächste der obigen Ströme, das elektrolytische Gesetz von Faraday als allgemein gültig vorausgesetzt, in 1 Secunde  $\frac{4}{10^5}$  Milligramm Wasser zersetzt haben würde. Buff hat nachgewiesen, daß für einen etwa doppelt so starken Strom in angesäuertem Wasser (allerdings zwischen Platinspitzen) das Faraday'sche Gesetz noch gültig ist <sup>1)</sup>. Erlauben wir uns daher, auch für unseren Fall anzunehmen, daß eine Zersetzung stattfand, so folgt, daß die geringe elektrische Scheidungskraft, welche oben auf die Theile des Elektrolyten gewirkt hat, größer ist, als die chemischen Affinitätskräfte derselben. Man wird also in der That der Annahme von Clausius, daß eine Stabilität chemischer Verbindungen im gewöhnlichen Sinne gar nicht vorhanden sey, nahe geführt.

Die Prüfung des Ohm'schen Gesetzes für Elektrolyte auf noch kleinere elektromotorische Kräfte als die obigen auszudehnen, darf weder als überflüssig noch als unmöglich bezeichnet werden. Indessen sieht man leicht, daß die Untersuchung mit großen Schwierigkeiten verknüpft seyn würde und ganz besondere Hilfsmittel zur Verhütung secundärer Einflüsse in Anspruch nehmen wird.

#### 7. Ueber den Widerstand der verdünnten Schwefelsäure.

Als erste Anwendung der in Abschnitt 1 bis 5 beschriebenen und geprüften Methode, den Widerstand zersetzbarer Leiter mit alternirenden Strömen zu bestimmen, ist die Untersuchung der für den Galvanismus wichtigsten Flüssigkeit, der verdünnten Schwefelsäure, gewählt worden.

1) Buff, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, Bd. 96, S. 269.

Die Schwefelsäure war freilich schon häufig der Gegenstand von Widerstandsbestimmungen, allein die bisherigen Resultate geben erstens, soweit man sie vergleichen kann, ungeheuer weit auseinander, und zweitens liegt den Zahlen, mit Ausnahme der wenigen von Paalzow gegebenen Werthe, nirgends eine genau definirte Einheit zu Grunde. Wir werden auf die früheren Bestimmungen am Schluss des Aufsatzes zurückkommen.

Die erschöpfende Untersuchung des Widerstandes einer zersetzbaren Flüssigkeit hat seine Abhängigkeit von der Concentration und von der Temperatur zu behandeln. In der vorliegenden wird der Widerstand der Schwefelsäure in 10 Concentrationsgraden bis zum spec. Gewicht 1,5, für die Temperatur  $+22^{\circ}$  C. bestimmt. Daraus läßt sich die vollständige Tabelle bis zu dieser Gränze mit einer Genauigkeit berechnen, welche für alle praktischen Zwecke ausreichend seyn wird. Die Untersuchung auf weite Temperaturgränzen auszudehnen, war beabsichtigt, wurde aber beschränkt durch die während der Versuche sich herausstellende Nothwendigkeit, die Flüssigkeit in einer Röhre anzuwenden, welche zwei Gefäße überbrückte (vgl. Abschn. 5). Indessen schwankte die Zimmertemperatur während der Bestimmungen so erheblich, (nämlich von  $19^{\circ}$  bis  $28^{\circ}$ ), daß aus den verschiedenen Beobachtungen die Abhängigkeit des Leitungsvermögens für mittlere Temperaturen abgeleitet werden kann und somit auch von dieser Seite der praktischen Verwerthung der Zahlen Genüge geleistet wird.

Die verdünnten Säuren wurden aus chemisch reiner englischer Schwefelsäure und destillirtem Wasser in einem solchen Verhältniß gebildet, daß die Dichtigkeiten der einzelnen Lösungen den Zahlen 1,05, 1,10, usw. bis 1,50 nahe kommen. Die genaue Bestimmung der specifischen Gewichte geschah auf gewöhnliche Weise durch den Gewichtsverlust eines eingetauchten Glaskörpers. Die Wägungen sind auf den leeren Raum reducirt, und die Zahlen dürfen bis auf höchstens fünf Einheiten der vierten Decimale als richtig

ange  
ratur  
Die  
den  
stöps  
Arä  
der  
beze  
Sch  
Bin  
Flüs  
den  
war  
fern  
brac  
mon  
den.  
Tem  
sam  
in d  
die  
ratur  
wer  
Du  
noti  
cirt  
den  
stell  
kür  
sicht  
Fehl

1) A  
p.

angenommen werden. Sie gelten durchweg für die Temperatur  $+18^{\circ},5$  C. der Schwefelsäure, und als Einheit der Dichtigkeit gilt die des Wassers von  $+4^{\circ}$  C. Zwischen den Beobachtungen wurden die Flüssigkeiten in mit Glasstöpsel verschlossenen Gefäßen aufbewahrt. Wiederholte Aräometerbeobachtungen garantirten die Unveränderlichkeit der Concentration. Wo Procentgehalte angegeben sind, bezeichnen sie den Gehalt der Lösung an Gewichtstheilen Schwefelsäurehydrat. Sie sind den Beobachtungen von Bineau<sup>1)</sup> entnommen.

Bei den Widerstandsbestimmungen befanden sich die Flüssigkeiten in der gebogenen Glasröhre, welche die beiden Gefäße überbrückte. Auf dem Boden der letzteren waren die  $2900\text{mm}$  großen Platinelektroden in einer Entfernung von je  $43\text{mm}$  unter der Oeffnung der Röhre angebracht.

Die Temperaturen sind auf ein Fastré'sches Normalthermometer bezogen, dessen feste Punkte genau bestimmt wurden. Das Thermometer hing neben der Röhre. Da die Temperatur in dem großen Beobachtungsraume sich so langsam änderte, daß selbst die größeren Flüssigkeitsmengen in den Gefäßen keine merkliche Temperaturdifferenz gegen die Umgebung zeigte, so konnte ohne Fehler für die Temperatur der Flüssigkeit in der Röhre die Lufttemperatur gesetzt werden.

Die zur Beobachtung angewandten Widerstände der Dubois'schen Rheostatenscala wurden jedesmal individuell notirt. Später sind sie auf Siemens'sche Einheiten reducirt worden, indem ein Satz von Vergleichen in verschiedenen Combinationen (zusammen 92 Vergleichen) angestellt wurde, aus denen sich die acht Widerstände der willkürlichen Scala nach kleinsten Quadraten und mit Berücksichtigung einer der Siemens'schen Scala beigegebenen Fehlertabelle in Quecksilbereinheiten ausdrücken ließen.

1) *Ann. d. Chim. et de Phys. Sér. III, T. XXIV, p. 339 ff; T. XXVI, p. 125.*

Ueber die Beobachtungsmethode ist in Abschnitt 2 das Nothwendige gesagt worden.

Die folgende Tabelle giebt in der ersten Spalte das specifische Gewicht der Schwefelsäure, in der zweiten ihre Temperatur, in der dritten den metallischen Widerstand, welcher mit der Flüssigkeit vertauscht, denselben Ausschlag des Dynamometers gab, in Einheiten der Siemens'schen Scala, wenn diese die Temperatur der Flüssigkeit besaß. Die Reihenfolge ist bei jeder Lösung die chronologische, und es mag bemerkt werden, daß die acht Bestimmungen der einzelnen Lösungen sämmtlich an verschiedenen Tagen und nach je einer frischen Füllung des Apparates vorgenommen sind.

Dichtigkeit bei 18°,5 C.	Temp.	Widerst.	Dichtigkeit bei 18°,5	Temp.	Widerst.
1,0504	27,0	284,73	1,2045	27,1	104,68
	25,6	288,18		25,5	107,35
	21,3	301,28		21,8	113,57
	21,9	295,98		21,9	113,48
	21,0	285,75		20,9	114,34
	21,1	288,26		21,5	112,91
	20,9	304,54		20,5	112,65
	20,7	305,48		20,9	113,03
1,0989	27,0	156,08	1,2631	27,4	105,95
	25,4	158,58		25,7	106,89
	21,9	164,05		26,1	105,51
	22,0	161,21		22,0	114,17
	21,0	164,84		20,8	115,38
	21,2	162,57		21,6	114,12
	20,9	161,48		20,9	111,10
	20,7	161,71		20,9	111,78
1,1431	27,0	123,44	1,3163	27,6	113,16
	25,5	123,86		25,5	116,14
	21,0	130,33		26,3	114,57
	21,8	129,66		22,2	123,10
	20,9	129,73		20,5	125,68
	21,3	128,43		21,5	123,22
	20,7	127,19		20,1	123,29
	20,9	128,79		20,0	125,14

1) Di

2) Eb



Dichtigkeit bei 18°,5 C.	Temp.	Widerst.	Dichtigkeit bei 18°,5 C.	Temp.	Widerst.
1,3597	27,8	123,45	1,4482	28,1	162,64
	25,5	125,62		25,7	168,96
	26,1	126,13		25,9	168,15
	22,3	134,87		22,3	179,11
	20,3	139,57		20,1	184,25
	21,5	136,48		21,5	179,63
	19,9	137,72		19,8	183,06
	20,2	138,23		20,8	176,66
1,3994	28,1	137,68	1,5026	28,1	198,37
	25,7	143,46		25,9	202,64
	25,9	141,88		25,4	204,79
	22,1	152,38		22,2	221,15
	20,1	157,81		19,6	233,10
	21,5	153,87		21,4	211,54
	19,9	155,15		19,4	229,90
	20,4	152,92		21,2	223,18

Diese gefundenen Zahlen bedürfen nun für den Gebrauch mehrerer Reductionen. Zuerst sind alle Rheostatenwiderstände auf 0° umzurechnen, was mit der von Arndtsen gefundenen Formel für das Neusilber <sup>1)</sup>

$$w = 100 + 0,03874 t - 0,0000558 t^2$$

geschehen ist, in welcher  $w$ , den Widerstand bei der Temperatur  $t$  bedeutet, wenn derselbe für 0° gleich 100 gesetzt wird.

Ferner sind alle Widerstände auf ein und dieselbe Temperatur der Schwefelsäure zu reduciren, wofür + 22°,0 C., das ungefähre Mittel aus allen Temperaturen, genommen wird. Drittens ist die Leitungsfähigkeit als Function der Temperatur zu bestimmen. Beetz <sup>2)</sup> hat für die Zinkvitriollösung gefunden, daß deren Leistungsvermögen, das heißt der reciproke Werth des Widerstandes, innerhalb sehr weiter Grenzen mit der Temperatur fast genau gleichmäßig zunimmt. Es ist anzunehmen, daß dasselbe Gesetz auch für die Schwefelsäure gilt. Daher wurden die gefundenen Widerstände zunächst in ihre reciproken Werthe umgesetzt.

1) Diese Ann. Bd. 104, S. 35.

2) Ebd. Bd. 117, S. 21.

Nun wurden die Beobachtungen einer jeden Lösung in zwei Gruppen zusammengefasst, nämlich in die zwischen 19 und 23° und die zwischen 25 und 28° liegenden, aus beiden die Mittel der Temperaturen und der Leitungsvermögen genommen, und hieraus sowohl das Leitungsvermögen für 22° einfach interpolirt als auch der Coëfficient der Zunahme mit der Temperatur berechnet <sup>1)</sup>.

Endlich sollen die Zahlen auf die Leitungsfähigkeit des Quecksilbers bei 0° reducirt werden. Zu diesem Zwecke wurde die Röhre genau ausgemessen. Es ergab sich die Länge (Mittel aus vier Messungen)

$$= 925,3 \text{ Millim.}$$

Das Gewicht des Wassers von 4°, welches die Röhre füllt (Wägung auf den leeren Raum reducirt)

$$= 100895 \text{ Milligr.}$$

Um die Correctionen wegen der conischen Gestalt der Röhre anzubringen, wurden die beiden Durchmesser an den Enden gemessen. Ihr Verhältniss fand sich

$$= 1,152$$

Schliesslich ist noch Rücksicht auf den Widerstand der Flüssigkeiten von den grossen Elektroden bis zu der Röhrenmündung zu nehmen. Denselben genügend angenähert durch Rechnung zu ermitteln, würde sehr schwierig gewesen seyn, daher wurde die empirische Bestimmung vorgezogen. Die Platinelektroden wurden durch genau gleich grosse und gleich gestaltete Elektroden aus amalgamirtem Zink ersetzt, der ganze Apparat mit Zinkvitriollösung gefüllt und sein Widerstand auf gewöhnliche Weise gemessen. Alsdann nahm man die Röhre fort und ermittelte den Widerstand in einem der Gefässe ebenso, wobei der grossen Zinkelektrode eine dergleichen kleinere, an Grösse und

1) Man sieht in der vorigen Tabelle bei jeder Lösung die sehr regelmäßige Abnahme des Widerstandes mit steigender Temperatur. Nur No. 5 und 6 der ersten und No. 6 der letzten Lösung zeigen eine Abweichung, welche grösser ist als die aus den Beobachtungsfehlern zu erwartende. Es erscheint indessen nicht gerechtfertigt, diese Beobachtungen auszuschliessen.

Stell  
über  
Elekt  
Wid  
es fa  
durch

E  
alter  
Wid  
plicir

A  
der L  
unser  
Einbe

100  
925

N  
Zahle  
Schw  
sich  
in Pr

Spec.  
18°

1,0  
1,0  
1,1  
1,2  
1,2  
1,2  
1,3  
1,3  
1,3  
1,4  
1,5

1) Di

Pogge

Stellung genau der Röhrenmündung entsprechende, gegenüber stand. Die obere Seite und der Rand der letzteren Elektrode waren mit Wachs überzogen. So wurde der Widerstand der Flüssigkeit in beiden Gefäßen ermittelt und es fand sich die Summe dieser beiden Widerstände dividirt durch den Gesamtwiderstand von Gefäßen + Röhre  
 $= 0,01094$ .

Endlich müssen nach Siemens Angabe <sup>1)</sup> die mit seinen älteren Scaln, wozu unser Apparat gehörte, gefundenen Widerstände, um Quecksilbereinheiten zu bedeuten, multiplicirt werden mit

$$1,00287.$$

Aus diesen Angaben folgt, daß man den Widerstand der Lösung, bezogen auf den des Quecksilbers = 1, aus unseren Beobachtungen erhält, wenn man die gefundenen Einheiten der Siemens'schen Scala multiplicirt mit

$$\frac{1000}{925,3} \cdot \frac{100895}{925,3} \cdot \frac{1}{1,00672} (1 - 0,01094) \cdot 1,00287 = 116,180.$$

Nach dieser Reduction entsteht folgende Tabelle. Die Zahlen der dritten und vierten Spalte beziehen sich auf Schwefelsäure von 22°,0 C. In der fünften Spalte findet sich die beobachtete Zunahme des Leitungsvermögens für 1° in Procenten der Leitungsfähigkeit bei 22° C.

Spec. Gew. bei 18°,5 C.	Procentgehalt an SO <sub>3</sub> HO	Specifischer Widerstand	Relative Lei- tungsfähig- keit	Änderung der Leitungsfähig- keit für 1° C.
1,0504	8,3	34530	0,000028960	0,653
1,0989	14,2	18946	52781	0,646
1,1431	20,2	14990	66710	0,799
1,2045	28,0	13133	76145	1,317
1,2631	35,2	13132	76148	1,259
1,3163	41,5	14286	69997	1,410
1,3597	46,0	15762	63444	1,674
1,3994	50,4	17726	56416	1,582
1,4482	55,2	20796	48091	1,417
1,5026	60,3	25574	39102	1,794

1) Diese Ann. Bd. 127, S. 337. Vgl. die Anm. am Schlufs.

Die graphische Darstellung dieser Zahlen liefert eine Curve von ausgezeichneter Regelmäßigkeit. In nebenstehender Figur wird das Leitungsvermögen dargestellt.



Um das viel besprochene Maximum zu bestimmen, wurde die Curve dritten Grades berechnet, welche durch die vier Beobachtungen für das specifische Gewicht 1,1431 bis 1,3163 geht. Darnach liegt das Maximum der Leitungsfähigkeit für 22° bei dem specifischen Gewicht

1,233

und beträgt, wenn man Quecksilber von 0° = 1 setzt, 0,000077127. (vgl. die Anm.)

Die ganze Curve wird durch eine algebraische Gleichung bis zum 4. Grade incl. nicht mit einer Genauigkeit wiedergegeben, welche der Zuverlässigkeit der Beobachtungen entspräche.

Der in der vierten Spalte gegebene Temperaturcoefficient nimmt, wie schon bekannt ist, mit der Concentration zu. Die Beobachtungen reichen nicht aus, um das vollständige Gesetz dieser Abhängigkeit zu berechnen; wie man aber aus einer graphischen Darstellung leicht sieht, wächst die Zunahme näherungsweise dem Procentgehalt proportional, und zwar findet man aus den Beobachtungen mit kleinsten Quadraten den Ausdruck

$$A = 0,4680 + 0,02190p,$$

wo  $A$  die Zunahme der Leitungsfähigkeit für 1 Grad und  $p$  den Procentgehalt der Flüssigkeit an Schwefelsäurehydrat bedeutet.

Anm. währ. d. Drucks. Gemäß der Schlußbemerkung 0,000077274.

Eine absolute Vergleichung unserer Zahlen mit denen früherer Beobachter ist wegen der von ihnen nicht genau definirten Einheiten unmöglich. Versucht man sie dadurch auf die gleiche Einheit zurückzuführen, daß man die gefundenen Maxima des Leitungsvermögens Eins nennt, so schließen sich nur die Bestimmungen von Wiedemann unseren Zahlen gut an. Die von Horsford und Saweljew zeigen Unterschiede von 10 und 20 Proc. Becker's Zahlen zeigen noch viel größere Unterschiede. (Vgl. übrigens hierüber Wiedemann Galvanismus Bd. 1, S. 205, wo die früheren Beobachtungen zusammengestellt und besprochen werden.)

Eine directe Vergleichung ist hingegen möglich mit einem der von Paalzow gefundenen Werthe. Paalzow giebt nämlich für eine Mischung von 1 Aequivalent Schwefelsäurehydrat mit 13 Aequivalenten Wasser bei 22° die Zahl 13310 an, dieselbe ebenfalls bezogen auf Quecksilber. Aus der Tabelle von Bineau findet sich zu dieser Concentration das specifische Gewicht 1,217 bei 18°,5. Hierzu entnehmen wir aus unseren Beobachtungen den Widerstand 13026. Die Uebereinstimmung der beiden Werthe bis auf 2,2 Proc. muß eine sehr befriedigende genannt werden; denn zu beiden Bestimmungen sind Schwefelsäuren aus verschiedener Quelle, verschiedene Siemens'sche Scalen und verschiedene Methoden der Widerstandsmessung angewandt worden; ferner, worauf wohl am meisten Gewicht zu legen ist, sind die Quecksilberwerthe der Glasröhren auf ganz verschiedenen Wegen ermittelt worden. Ja, ein erheblicher Bruchtheil des Unterschiedes könnte vielleicht auf die Temperaturangabe Paalzow's fallen, welche nur eine runde Zahl enthält. Der ganze Unterschied entspricht nämlich einer Temperaturdifferenz der Schwefelsäure von 2 Grad.

So wie die im Früheren gelegentlich erwähnte Uebereinstimmung der von uns gefundenen Werthe für die Zinkvitriollösung mit den Beetz'schen Zahlen, so beweist auch die letzte Vergleichung wieder, wie viel leichter die Definition des specifischen Leitungswiderstandes einer Flüssigkeit ist, als die einer festen Substanz, über welche die An-

gaben verschiedener zuverlässiger Beobachter oft sehr weit auseinander gehen.

Es soll schliesslich noch eine bequeme Tabelle zum Gebrauch gegeben werden, wobei zwei Zahlen von Paalzow als Ergänzung für die unsrigen dienen werden. Erstens giebt Paalzow für eine Mischung von 1 Aequivalent Schwefelsäurehydrat mit 499 Aequivalenten Wasser, d. h. nach Bineau von dem specifischen Gewicht 1,0063 bei 18°,5 den Widerstand bei 22° = 184773, bezogen auf Quecksilber. Diesen Werth verkleinern wir im Verhältniss  $\frac{13026}{13310}$

indem wir annehmen, dass dieses Verhältniss in einem constanten Fehler begründet ist, also zu 180830, oder der Leitungsfähigkeit 0,00000553. Zweitens wird für concentrirte Schwefelsäure bei 15° angegeben 96950. Durch Veränderung dieser Zahl, erstens in dem angegebenen Verhältniss, und zweitens mit dem aus unserer Formel hervorgehenden Factor auf 22° erhalten wir den Widerstand 78900 oder das Leitungsvermögen 0,00001267. Es braucht nicht hervorgehoben zu werden, dass dieser Werth einer Unsicherheit von mehreren Procenten unterliegt, weil die Reduction auf 22° aus Beobachtungen an ziemlich entfernten Concentrationen abgeleitet worden ist.

Zur Herstellung einer Tabelle wurde das Leitungsvermögen für das specifische Gewicht von Hundertel zu Hundertel als Argument, nach der Interpolationsformel von Lagrange aus je vier benachbarten beobachteten Werthen berechnet, worauf später die Differenzen mit Hülfe einer graphischen Construction ausgeglichen wurden. Vom specifischen Gewicht 1,35 an aufwärts ist die Rechnung, anstatt mit dem Leitungsvermögen, mit dem Widerstande ausgeführt worden, weil die Curve für diesen eine einfachere Gestalt zeigt.

Die letzte Spalte enthält die nach der Seite 386 angegebenen Formel berechnete Zunahme  $\Delta$  des Leitungsvermögens für 1° C. in Procenten des Leitungsvermögens bei 22°, so dass also dasjenige bei  $t^\circ$  dargestellt wird durch

$$l_t = l_{22} \left[ 1 + \frac{\Delta}{100} (t - 22) \right].$$

Zum Schluss mag noch einmal daran erinnert werden, dass nur die Zahlen für das specifische Gewicht 1,05 bis 1,50 aus unseren Beobachtungen abgeleitet sind. Auch die einige Hundertel über diese Gränzen hinausgehenden sind ohne Zweifel wenigstens sehr nahe richtig. Die für das destillirte Wasser einerseits und für die starken Concentrationen anderseits angegebenen Werthe können wir nicht verbürgen.

Elektrisches Leitungsvermögen der Schwefelsäure bei  $+22^{\circ},0\text{ C.}$   
verglichen mit dem des Quecksilbers von  $0^{\circ}$ .

Spec. Gew. bei $18^{\circ},5\text{ C.}$	Gewichtspro- cente von $\text{HSO}_4$	Widerstand bei $22^{\circ}$ $\text{Hg} = 1$	Leitungsfähig- keit bei $22^{\circ}$ $\text{Hg} = 10^{\circ}$	Zunahme der Leitungsfähig- keit für $1^{\circ}\text{ C.}$ , wenn diejenige bei $22^{\circ} = 100$ gesetzt wird
0,9985 } Wasser }	0,0	746300	134	0,47
1,00	0,2	465100	215	0,47
1	1,8	133160	751	0,51
2	3,4	77820	1285	0,54
3	4,9	55036	1817	0,58
4	6,4	42608	2347	0,61
5	7,8	34782	2875	0,64
6	9,2	29411	3400	0,67
7	10,5	25549	3914	0,70
8	11,8	22676	4410	0,73
9	13,1	20483	4882	0,76
1,10	14,4	18769	5328	0,78
1	15,7	17513	5710	0,81
2	17,1	16556	6040	0,84
3	18,5	15773	6340	0,87
4	19,8	15156	6598	0,90
5	21,2	14637	6832	0,93
6	22,5	14207	7039	0,96
7	23,8	13858	7216	0,99
8	25,1	13580	7364	1,02
9	26,3	13369	7480	1,04
1,20	27,5	13196	7578	1,07
1	28,7	13072	7650	1,10
2	29,9	13001	7692	1,12
3	31,2	12965	7713	1,15
4	32,4	12972	7709	1,18
5	33,7	13018	7682	1,21
6	34,9	13098	7633	1,23
7	36,1	13214	7568	1,26
8	37,3	13387	7470	1,29
9	38,5	13605	7350	1,31



Spec. Gew. bei 18°,5 C.	Gewichtpro- cente von HSO <sub>4</sub>	Widerstand bei 22° Hg = 1	Leitungsfähig- keit bei 22° Hg = 10 <sup>9</sup>	Zunahme der Leitungsfähig- keit für 1° C. wenn diejenige bei 22° = 100 gesetzt wird
1,30	39,7	13850	7220	1,34
1	40,8	14112	7086	1,36
2	41,9	14391	6949	1,39
3	43,0	14693	6806	1,41
4	44,1	15020	6658	1,43
5	45,2	15385	6500	1,46
6	46,3	15775	6339	1,48
7	47,3	16194	6175	1,50
8	48,4	16667	6000	1,53
9	49,5	17197	5815	1,55
1,40	50,5	17759	5631	1,57
1	51,5	18318	5459	1,60
2	52,5	18911	5288	1,62
3	53,5	19543	5117	1,64
4	54,5	20210	4948	1,66
5	55,5	20925	4779	1,68
6	56,4	21692	4610	1,70
7	57,3	22523	4441	1,72
8	58,3	23403	4273	1,74
9	59,2	24337	4109	1,76
1,50	60,2	25316	3950	1,79
1,55	64,6	30820	3245	1,88
1,60	69,0	37340	2678	1,98
1,65	73,2	44790	2233	2,07
1,70	77,4	53080	1884	2,16
1,75	81,8	62100	1610	2,26
1,80	87,2	71770	1393	2,36
1,838	100,0	78900	1267	2,66

Anm. währ. d. Druckes. Eine nachträglich ermöglichte Vergleichung unserer Scale mit einer ganz neuen Q. E. ergibt, daß sämtliche in diesem Aufsätze vorkommenden Widerstandszahlen um 0,19 Procent zu verkleinern sind, die Leitungsfähigkeiten also um 0,19 Procent zu vergrößern.

### III. Studien über die Sauerstoffverbindungen der Halogene; von Hermann Kacmerer in Marburg.

Ehe ich zur Mittheilung der von mir ausgeführten Versuche über diese zum Theil noch sehr ungenügend gekannten Verbindungen übergehe, ist es wohl kaum nothwendig,

erst noch darauf aufmerksam zu maachen, wie überaus schlecht gewählt und heute kaum mehr brauchbar die Namen derselben sind, die in einer sehr frühen Zeit entstanden, damals allerdings genügen mochten, unmöglich aber immerfort beibehalten werden können. Ich erlaube mir deshalb neue Bezeichnungen für diese Verbindungen vorzuschlagen, die mit den jetzt, besonders in der organischen Chemie herrschenden Principien der Nomenklatur in voller Uebereinstimmung sind, und zugleich die Zusammensetzung der betreffenden Verbindungen im Sinne unserer jetzigen Säuretheorie richtig ausdrücken.

Cl Chlor

Cl H Chlorsäure (Chlorwasserstoffsäure)

Cl HO Oxychlorsäure (Unterchlorige Säure)

Cl HO<sub>2</sub> Dioxychlorsäure (Chlorige Säure)

Cl HO<sub>3</sub> Trioxychlorsäure (Chlorsäure)

Cl HO<sub>4</sub> Tetroxychlorsäure (Ueberchlorsäure).

Ich werde in analoger Weise die Bromsäure »Trioxybromsäure«, die Ueberbromsäure »Tetroxybromsäure«, die Jodsäure »Trioxyjodsäure«, die Ueberjodsäure »Tetroxyjodsäure« nennen.

Einige der Resultate der vorliegenden Arbeit veröffentlichte ich schon in zwei vorläufigen Mittheilungen<sup>1)</sup>, ohne jedoch seither dieselbe in wünschenswerther Weise zum Abschluss bringen zu können.

#### 1. Trioxybromsäure.

Seit Balard<sup>2)</sup> diese Säure entdeckte, ist sie nur wenig untersucht worden. Die spärlichen Angaben, welche später Löwig<sup>3)</sup> und Rammelsberg<sup>4)</sup> über dieselbe gemacht haben, divergiren dazu in wesentlichen Punkten untereinander und mit den Angaben Balard's.

Balard nahm, der Analogie mit der Trioxychlorsäure folgend, zum Ausgangspunkt für die Darstellung der Trioxy-

1) Journal für praktische Chemie Bd. 85, S. 457 und Bd. 90, S. 191.

2) Ann. d. chim. et de phys. t. 32. p. 337.

3) Pogg. Ann. Bd. 14, S. 485.

4) Pogg. Ann. Bd. 52, S. 79; Bd. 55, S. 63.

bromsäure deren Kaliumsalz, das er durch Eintragen von Brom in Kalilauge darstellte. Durch wechselseitige Umlageung verwandelte er zunächst dieses Salz in trioxybromsaures Barium, und gewann durch Zersetzung dieses Salzes mit verdünnter Schwefelsäure wässrige Trioxybromsäurelösung, »die nach gehöriger Concentration Syrupsdicke annahm, und durch die Wärme wie im luftleeren Raume einem Theil nach unzersetzt verflüchtigt werden konnte, während ein anderer Theil gleichzeitig in Brom und Sauerstoff zerlegt wurde«.

Löwig schied die Trioxybromsäure direct aus dem Kaliumsalze mittelst Fluokieselsäure ab. Bei Prüfung dieser Darstellungsmethode fand Rammelsberg, daß ein nothwendig anzuwendender Ueberschufs von Fluokieselsäure sich durch Verdampfen nicht völlig entfernen lasse, und kehrte daher zur Darstellungsweise von Balard zurück, wobei er zuerst die Beobachtung machte, daß sich das Trioxybromsaure Barium durch verdünnte Schwefelsäure niemals vollständig zersetzen lasse.

Er giebt nun ein umständliches und keineswegs nette Resultate versprechendes Verfahren an, nach welchem sich einerseits die überschüssige Schwefelsäure, anderseits das unzersetzt gelöste trioxybromsaure Barium aus der Säurelösung entfernen lassen sollen, in Wirklichkeit aber zu den vorhandenen Verunreinigungen nun auch noch Kalksalz oder zuletzt Kaliumsalz gefügt wird.

Ferner widerlegte Rammelsberg<sup>1)</sup> die Angabe Balard's, die Trioxybromsäure lasse sich theilweise unzersetzt verflüchtigen, und die Henry's, Bromkalium werde durch Schmelzen mit trioxychlorsaurem Kalium zu trioxybromsaurem Kalium oxydirt.

Serullas<sup>2)</sup> endlich behauptet, die Säure könne nicht in Syrupconsistenz erhalten werden.

Ich bemühte mich zunächst, diese Angaben, die allesammt ziemlich alten Datums sind, einer eingehenden Prüfung zu

1) Pogg. Ann. Bd. 52, S. 83.

2) Ann. d. Chim. et de Phys. t. 45, p. 203.

unterwerfen, und besonders eine Methode zur Ueberführung des Broms in Trioxybromsäure aufzufinden, die gestattet, die ganze angewandte Brommenge in die Säure zu verwandeln, ohne dass man  $\frac{5}{8}$  derselben als werthloses Bromkalium verlieren müsse.

Besonders wünschenswerth erschien mir in dieser Hinsicht, Bromkalium mittelst schmelzenden  $\text{Ka Cl O}_3$  oxydiren zu können. Bei Wiederholung des Versuches von Henry überzeugte ich mich leicht, dass dabei allerdings trioxybromsaures Kalium gewonnen werde, zugleich aber ergaben sich Schwierigkeiten, die Reaction überhaupt, und insbesondere sie in dem von der Theorie erwarteten quantitativen Verhältnisse auszuführen, was auf der von Rammelsberg beobachteten, plötzlichen Zersetzung des  $\text{Ka Br O}_3$  beim Erhitzen beruht, die offenbar bei einer Temperatur stattfindet, die der seiner Bildung überaus nahe liegt.

Vielfach modificirte Versuche überzeugten mich, dass die Reaction am besten gelingt, wenn man in einem Porcellantiegel je 10 Grn.  $\text{Ka Cl O}_3$  bei der möglichst niedrigen Temperatur zum Schmelzen bringt und in die Schmelze die berechnete Menge (oder besser noch weniger) von  $\text{Ka Br}$  in kleinen Portionen unter Umrühren einträgt, so lange erhitzt, bis die Masse teigig geworden ist, und die Bildung grosser Blasen beginnt. Indefs misslingt trotz aller Vorsicht stets eine Anzahl Versuche durch plötzliche Zersetzung des gebildeten  $\text{Ka Br O}_3$ , und auch die Ausbeute der scheinbar gelungenen Versuche ist immer geringer als die erwarteten. Zusätze von  $\text{Ka H O}$ ,  $\text{Na}_2 \text{C O}_3$ , und die Anwendung von  $\text{Br Na}$  und  $\text{Br}_2 \text{Ba}$  gaben keine besseren Resultate<sup>1)</sup>. Die geschmolzene Masse von vielen Operationen habe ich schliesslich mehrere Male aus heissem Wasser umkrystallisirt, und dadurch grössere Quantitäten reines  $\text{Ka Br O}_3$  erhalten. Aus diesem Kaliumsalz stellte ich das Silbersalz dar, und analysirte dasselbe durch Behandeln mit  $\text{H}_2 \text{S O}_3$  mit nachfolgenden Resultaten.

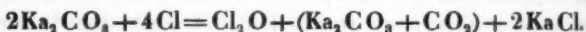
1) Vielleicht erzielt man diese, wenn man ähnlich verfährt, wie es neuerlichst Stas für die Oxydation des Jodkaliums angegeben hat.

Grm. Substanz	Grm. Br·Ag	Grm. Ag	Proc. Br
0,7111	0,5430	0,0094	33,47.

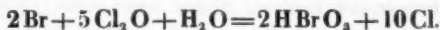
Die Formel  $\text{Ag Br O}_3$  verlangt 33,90 Proc. Br.

Analysen der aus diesem Silbersalze gewonnenen Säure werde ich später mehrfach mitzutheilen Gelegenheit haben.

Eine weit bessere, weil sichere Reaction zur Ueberführung von Brom in Trioxybromsäure, fand ich in der Einwirkung von Brom auf oxychlorsaures Kalium. Dargestellt durch Einleiten von Chlorgas in kohlensaures Kalium bis zum beginnenden Aufbrausen, enthält die Lösung bekanntlich freie Oxychlorsäure, Chlorkalium und saures kohlensaures Kalium.



Zunächst dient nun die Oxychlorsäure zur Oxydation des Broms:



Das freiwerdende Chlor wirkt nun wieder im Entstehungsmomente auf das noch unzersetzte kohlensaure Kalium ein, neuerdings Oxychlorsäure, Kohlensäure und Chlorkalium bildend, so dafs schliesslich die der ganzen Menge des angewandten kohlensauren Kaliums entsprechende Menge Oxychlorsäure zur Verwendung kommt.

Es folgt aus diesen Betrachtungen, dafs, um ein gegebenes Quantum Brom in trioxybromsaures Kalium zu verwandeln, man das kohlensaure Kalium im Verhältnifs von 2Br auf  $6\text{K}_2\text{C O}_3$  anwenden mufs;  $5\text{K}_2\text{C O}_3$  dienen zur Erzeugung der nöthigen  $5\text{Cl}_2\text{O}$ ,  $1\text{K}_2\text{C O}_3$  zur Sättigung der gebildeten  $2\text{H Br O}_3$ . Ein Ueberschufs an oxychlorsaurem Salze schadet übrigens nicht. Durch Einengen der Flüssigkeit und wiederholte Krystallisation läfst sich das  $\text{K a Br O}_3$  leicht ganz rein erhalten.

Die Reaction zwischen Oxychlorsäure und Brom, welche bereits von Balard beobachtet war, gestattet auch die directe Ueberführung des Broms in Trioxybromsäure. Ich leitete in unter Wasser geschichtetes Brom einen langsamen Strom von  $\text{Cl}_2\text{O}$ , bis zum Verschwinden des Broms, und

verjagte schliesslich das gelöste Chlor durch gelindes Erwärmen auf dem Wasserbade.

Leichter rein erhält man die freie Säure nach einer Methode, die auf der mühelosen Reindarstellung des trioxybromsauren Silbers aus dem Kaliumsalze und seiner Zersetzung durch Brom beruht.

Ich bediente mich zur Ausführung dieses Versuches gewöhnlich einer gut schliessenden Stöpselflasche, in der das trioxybromsaure Silber mit Wasser im Wasserbade erwärmt, und dann unter Schütteln so lange Brom zugefügt wurde, bis dieses nicht mehr verschwand. Nach dem Verjagen des Bromüberschusses, Erkalten und Klären der Flüssigkeit wurde die Trioxybromsäurelösung mit einer Pipette von dem Bromsilber getrennt <sup>1)</sup>.

Um mich zu versichern, dass bei der Einwirkung von Brom auf trioxybromsaures Silber nur reine Trioxybromsäure erhalten werde, analysirte ich eine Probe der auf diese Art gewonnenen Säure, die ohne Rückstand verdampfte, nach der bekannten Methode von Calvert und Davies mittelst  $H_2SO_4$  <sup>2)</sup>.

Von 2,2848 Grm. Säurelösung erhielt ich 0,1143 Grm.

Br Ag und 0,0019 Grm. Ag, neben 0,4374 Grm.  $BaSO_4$ .

Diese Zahlen ergaben auf 80 Br 700,85  $BaSO_4$ , oder auf 1 Br 7,00  $BaSO_4$ , also genau die für Trioxybromsäure erforderliche Menge.

Der Gehalt an  $Br_2O_3$  ergibt sich daraus = 3,29, der an  $HBrO_3$  = 3,54 Proc.

Mit dieser wohl der ersten reinen Trioxybromsäurelösung suchte ich nun ihr Verhalten in der Wärme näher kennen

- 1) Um das Bromsilber wieder in eine brauchbare lösliche Form zu bringen, verwandelte ich es mittelst  $Ka_2S$  in  $Ag_2S$ , und oxydirte dieses mit  $HNO_3$ . Man erhält dadurch ein Gemenge von salpetersaurem und schwefelsaurem Silber, das zu fast allen Zwecken ebenso brauchbar ist, wie reines salpetersaures Silber. Das Bromkalium wurde durch successive Behandlung mit Chlorgas und oxychlorsaurem Kalium wieder in trioxybromsaures Kalium verwandelt.
- 2) Das ursprüngliche Kaliumsalz war durch Oxydation von Br Ka mittelst  $KaClO_3$  erhalten.

zu lernen. Es war aus den früheren Angaben bekannt, daß die Lösung beim Eindampfen auf dem Wasserbade sich in fortwährender Zersetzung befinde, Brom und Sauerstoffgasbläschen entwickelnd, ähnlich der Lösung der Selensäure. Ich suchte nun zunächst zu ermitteln, ob diese Zersetzbarkeit einem gewissen Concentrationsgrade eigen sey. Die Proben wurden von einer Lösung in einer flachen Schale auf dem Wasserbade in dem Momente des ersten wahrnehmbaren Auftretens der Zersetzungserscheinungen genommen.

Substanz	Br Ag	Ag	Proc. Br	Proc. HBrO <sub>3</sub>
1. 2,4771	0,1436	0,0051	2,64	4,26
2. 1,9287	0,1141	0,0037	2,66	4,29.

Die Verdünnung der Lösung ist ersichtlich eine zu große, um eine festere Bindung des Wassers annehmen zu können. Außerdem ist der Luftdruck dabei von entscheidendem Einflusse, denn im Vacuum läßt sich die Säure, wie unten gezeigt wird, zu einem weit höheren Concentrationsgrade bringen. Vielleicht spaltete sich die Lösung in ein säurereicheres, leicht zersetzbares Destillat, und in eine verdünnere, beständigere Säure. Um diese Frage zu entscheiden, wurde dieselbe Lösung verschiedenen Destillationen unterworfen, jedesmal die Hälfte abdestillirt, und dann der Gehalt des Rückstandes, sowie der des Destillats bestimmt.

## I.

4,27 procentige Lösung.

	Substanz	Br Ag	Ag	Proc. Br <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Proc. HBrO <sub>3</sub>	BaSO <sub>4</sub>
1. Destillat	2,7195	0,0114	0,0019			
2. Rückstand	1,5621	0,0949	0,0028	5,51	5,92	0,3797.

Aus diesen Resultaten ergibt sich, daß bei Destillation einer 4 Proc. Säure auf die Hälfte eine säurereichere Lösung zurückbleibt, und diese noch genau die Zusammensetzung der HBrO<sub>3</sub> hat. Es wurden gefunden auf 1 Br (= 80) 3,06 Ba SO<sub>4</sub> (715,45).



5,92 procentige Lösung.

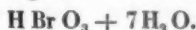
	Substanz	Br Ag	Ag	Proc. Br <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Proc. HBr O <sub>3</sub>
1. Destillat	2,5642	0,0097	0,0009		
2. Rückstand	1,9567	0,3705	0,0032	12,27	13,19

Aus diesen Bestimmungen resultirt, daß wenn die Lösung erst über 5 Proc. Säure enthält, fast nur Spuren übergehen, dagegen der Rückstand sich bedeutend concentrirt. Doch nun ist es nicht möglich, diesen 13procentigen Rückstand abermals einer Destillation zu unterwerfen, da er sich bei weiterem Erwärmen plötzlich unter starkem Aufwallen zersetzt und nur Spuren von diesen Zersetzungsproducten zurückbleiben.

Nur im Vacuum der Luftpumpe läßt sich die 13procentige Säure ohne bemerkbare Zersetzung weiter concentriren, doch tritt auch hier bei einer gewissen Concentration plötzlich selbst bei niedriger Temperatur Zersetzung unter Entwicklung von Brom und Sauerstoffgas ein, und es bleibt eine keineswegs zähe Flüssigkeit zurück, von der eine Probe bei eben beginnender Zersetzung nachstehende Zahlenwerthe ergab:

Substanz	Br Ag	Ag	Proc. Br	Proc. HBr O <sub>3</sub>
0,6324	0,4611	0,0024	31,35	50,59.

Diese entsprechen genau der Formel



	Berechnet	Gefunden
Proc. Br	31,37	31,35.

Es ist somit unzweifelhaft, daß unter den beschriebenen Verhältnissen die Trioxybromsäure ein bestimmtes Hydrat von der der gegebenen Formel entsprechenden Zusammensetzung bildet. Ich habe leider nicht constatiren können, ob bei der Zersetzung dieses Hydrates im Vacuum sich ein noch wasserärmeres Hydrat bilde. Das unten zu besprechende Verhalten der analogen Trioxychlorsäure macht dies sehr wahrscheinlich.

Ich habe oben die Brombestimmungen mitgetheilt, die ich von den Destillaten der wässerigen Säure ausgeführt habe<sup>1)</sup>. Ausser den mitgetheilten führte ich aber noch eine Anzahl anderer Bestimmungen aus, und ermittelte auch stets den Sauerstoffgehalt nach der angegebenen Methode. Dabei erhielt ich jedoch niemals ein Verhältniss von Brom zu Sauerstoff, wie es die Trioxybromsäure verlangt, sondern fand constant viel weniger Sauerstoff, ein einziges Mal gerade so viel, als dem Verhältniss  $\text{Br} : 2\text{O}$ , also einer Verbindung  $\text{BrO}_2$  entsprechen würde

(0,1052 Br Ag, 0,0018 Ag und 0,3414 Ba  $\text{SO}_4$ , also auf 1 Br Ag (188) 2,54 Ba  $\text{SO}_4$  (592,8)).

Die Destillate gaben mit Metalllösungen wohl die Reactionen der Trioxybromsäure, allein es bildete sich dabei stets auch etwas Brommetall. Man darf somit annehmen, dass die Trioxybromsäure bei gewöhnlichem Luftdruck nicht unersetzt flüchtig sey, sondern bei ihrer Destillation, ähnlich wie bei der Destillation der Trioxychlorsäure, wahrscheinlich eine niedrigere Sauerstoffverbindung des Broms entstehe, die, überaus leicht zersetzbar, vielleicht schon bei längerer Berührung mit Wasser oder Luft in Trioxybromsäure und Brom oder Bromwasserstoff zerfalle<sup>2)</sup>.

Alle meine Bemühungen zur Bestimmung der Siedepunkte der verschiedenen Trioxybromsäurelösungen scheiterten an deren Zersetzbarkeit, die häufig schon bei 40° anfang sehr heftig zu werden. Ich konnte nur feststellen, dass das Thermometer niemals über 100° stieg.

Trocknes Brom wirkt auf trocknes trioxybromsaurer Silber nicht ein, so dass man auf diese Weise das unbekannte Anhydrid der Trioxybromsäure nicht erhalten kann.

1) Das beigemengte freie Brom war vorher durch einen Luftstrom von gewöhnlicher Temperatur entfernt worden.

2) Vergleiche Rammelsberg, *loc. cit.*, der gleichfalls zu dem Resultate kam, dass die Säure nicht unersetzt flüchtig, ohne Angaben über die Zersetzungsproducte zu machen.

## 2. Trioxychlorsäure.

Diese Säure war durch die früheren Untersuchungen genauer gekannt als die vorige, doch fehlten über die Concentrationsverhältnisse der wässerigen Lösungen noch bestimmtere Angaben.

Ich stellte mir die reine wässerige Säure durch Zersetzen von  $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$  mit verdünnter Schwefelsäure dar. Auch sie zersetzt sich beim Concentriren auf dem Wasserbade unter fortwährender Entwicklung von  $\text{Cl}$  und Sauerstoffgas-Bläschen, jedoch weniger stark als die entsprechende Bromverbindung. Im Vacuum läßt sich die Säure bei gewöhnlicher Temperatur gleichfalls nur bis zu einem gewissen Grade eindampfen. Ist dieser erreicht, so beginnt eine sehr allmähliche Zersetzung unter Ausscheidung eines grünen Gases, das Chlorgas gewesen zu seyn scheint. Wäre es  $\text{ClHO}_3$  gewesen, so hätte sich im Rückstande  $\text{ClHO}^+$  finden müssen, was nicht der Fall war.

0,9571 Grm. Substanz bei eben beginnender Zersetzung gaben 0,6486  $\text{Cl Ag}$  und 0,0021  $\text{Ag} = 16,85 \text{ Proc. Cl}$ .

$$\text{Proc. Cl}_2 \text{O}_3 = 35,73$$

$$\text{Proc. HClO}_3 = 40,10.$$

Diese Zahlen stimmen genau mit der dem Trioxybromsäurehydrat entsprechenden Formel:



	Berechnet	Gefunden
Proc. Cl	16,88	16,85

Das spec. Gewicht dieses Hydrates wurde bei  $14^\circ,2 = 1,282$  gefunden.

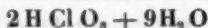
Läßt man dieses Hydrat noch länger im Vacuo über Schwefelsäure stehen, so kommt plötzlich ein Punct der Concentration bei dem stürmische Gasentwicklung eintritt.

1,3313 Grm. dieses Rückstandes gaben (nach der Behandlung mit  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) 1,1574  $\text{Cl Ag}$  und 0,0111  $\text{Ag} = 21,78 \text{ Proc. Cl}$

$$\text{Proc. Cl}_2 \text{O}_3 = 46,32$$

$$\text{Proc. HClO}_3 = 51,86.$$

Diese Zahl führt zu der Zusammensetzung



	Berechnet	Gefunden
Proc. Cl	21,45	21,78.

Leider reichte das Material zu einer Bestimmung des spec. Gewichtes nicht mehr aus.

Diese Hydrate der Trioxychlorsäure werden bei  $-20^\circ$  zähflüssig, ohne jedoch ganz oder theilweise zur Erstarrung gebracht werden zu können. Dieses Verhalten beweist, daßs sämtliches Wasser, wenigstens bei dieser Temperatur, in fester chemischer Verbindung ist, denn sonst müßte wohl das nichtgebundene auskrystallisiren.

Auch von den Lösungen dieser Säure konnten keine Siedepunktsbestimmungen erhalten werden, da sie sich beim Kochen unter Bildung von Tetroxychlorsäure zersetzen, doch stieg das Thermometer, ehe diese Zersetzung eingetreten war, nicht über  $100^\circ$ .

### 3. Trioxyjodsäure.

Die Zersetzung des trioxyjodsauren Bariums mittelst verdünnter Schwefelsäure liefert diese Säure niemals im ganz reinen Zustande, denn entweder enthält sie unzersetztes Bariumsalz, und dieß ist besonders der Fall, wenn man nicht mehr als die theoretische Menge  $\text{H}_2 \text{SO}_4$  zur Zersetzung anwandte, oder sie enthält im umgekehrten Falle etwas Schwefelsäure, die sich durch Trocknen auf Ziegelsteinen niemals vollkommen entfernen läßt. Da aber die Darstellung des Bariumsalzes in vielen Fällen zur Trennung der Trioxyjodsäure von anderen Säuren benutzt werden kann, ist es von Interesse einen Weg zu kennen, der die Darstellung reiner Säure aus dem Bariumsalze ermöglicht. Ein solcher bietet sich in der leichten Zersetzbarkeit des Bariumsalzes mittelst kohlen sauren Ammoniums, die schon in der Kälte eine vollständige ist. Man erhält das sehr leicht und schön krystallisirende trioxyjodsaure Ammonium, das sich vortrefflich zur Darstellung des trioxyjodsauren Silbers eignet, das man, um ganz reine Trioxyjodsäure zu gewin-

nen, in derselben Weise mit Jod zersetzt, wie zu analogem Zwecke die Zersetzung des trioxybromsauren Silbers ausgeführt wird.

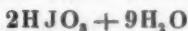
Zunächst waren es wieder die Eigenschaften der wässrigen Säurelösungen, die ich mit dem auf angeführte Weise rein dargestellten Material zu studiren suchte.

Als erste auffallende Beobachtung habe ich die zu verzeichnen, daß alle Lösungen der Säure, die concentrirtesten wie die verdünntesten, genau bei  $100^{\circ}$  sieden, die *Gegenwart dieser Säure also ohne allen Einfluss auf den Siedepunkt des Wassers ist.*

Bei  $13^{\circ}$  C. löst 1 Th.  $H_2O$  1,874 Th.  $J_2O_5$ . Diese Lösung ist zähflüssig, läßt sich nicht durch Papier filtriren, da es dieses in eine Art vegetabilischen Pergamentes, wie concentrirte Schwefelsäure verwandelt, krystallisirt bei  $-17^{\circ}$  C. vollständig in, wie es scheint, hexagonalen Tafeln, schmilzt constant bei  $-15^{\circ}$  C., und entspricht in ihrer Zusammensetzung genau der des zweiten Trioxychlorsäurehydrates, wie nachstehende analytische Resultate erweisen:

Grm. Lösung	J Ag	Ag	Proc. J	Proc. $J_2O_5$	Proc. $HJO_3$
1,2821	1,1733	0,0013	49,58	65,20	68,71

Die Formel



	verlangt	gefunden
Proc. J	49,42	49,58.

Das spec. Gewicht dieses Hydrates fand ich bei  $13^{\circ} = 2,1269$ .

Da ich im Besitze sehr reinen krystallisirten Trioxyjodsäureanhydrides war, und für diese Verbindung erst eine Bestimmung des spec. Gewichts von Filhol vorliegt, so wiederholte ich diese in einem Medium von Benzol, das durch öfteres Umkrystallisiren rein erhalten war.

Das spec. Gewicht des Benzols fand ich bei  $9^{\circ} = 0,8632$ , das des  $J_2O_5$  bei derselben Temperatur  $= 4,7987$ .

Filhol fand es gleich 4,250.

Aus dem von mir gefundenen specifischen Gewichte er giebt sich das Atomvolum des  $J_2O_5 = 69,60$ .

Aus sieben weiteren Dichtigkeitsbestimmungen berechnete ich beistehende Tabelle durch Interpolation.

Tabelle des specifischen Gewichts der Lösungen von Trioxyjodsäure.

Gehalt der Lösung an $J_2O_5$ in Pro- centen	Specifisches Ge- wicht bei + 14° C.
1	1,0053
5	1,0263
10	1,0525
15	1,1223
20	1,2093
25	1,2773
30	1,3484
35	1,4428
40	1,5371
45	1,6315
50	1,7356
55	1,8689
60	1,9954
65	2,1269
100,5	4,7987 (bei 9° C.)

Trotz der Unvollständigkeit der ausgeführten Bestimmungen ergeben diese ein beachtenswerthes Resultat, nämlich, *dass die Atomvolumina's der entsprechenden Hydrate von Trioxychlor- und Trioxyjodsäure gleich sind*, abgesehen von den bei solchen Zahlen sich ergebenden kleinen Differenzen, welche im Verhältniss zur Grösse der Zahlen in diesem Falle klein genug ausfielen.

Uebrigens hoffe ich diese Verhältnisse noch genauer ergründen zu können.

Atomvolumen der Lösungen von  $HClO_3$  und  $HJO_3$ .

Formel des Hydrates	Gehalt an Anhydrit in Pro- centen	Atomge- wicht	Speci- fisches Gewicht	Atom- volum
$HClO_3 + 7H_2O$	35,73	210,5	1,262	166,7
$HJO_3 + 7H_2O$	55,3	304	1,8256	165,4
$HClO_3 + 15H_2O$	21,29	354,5	1,161	305,2
$HJO_3 + 15H_2O$	37,44	446	1,489	299,5
$HClO_3 + 20H_2O$	16,98	444,5	1,128	394,2
$HJO_3 + 20H_2O$	31,16	536	1,389	391,6

Da die Atomvolumen der Wasserstoffverbindungen der Halogene im freien Zustande gleich groß sind, suchte ich zu ermitteln, ob dies bei entsprechenden Lösungen dieser Säuren der Fall seyn möchte. Die wenigen Bestimmungen über das spec. Gewicht von BrH- und JH-Lösungen habe ich mit den entsprechenden von HCl verglichen, und wie die nachstehenden Zahlen ausweisen, gefunden, daß für diese Lösungen eine Gleichheit des Atomvolums nicht angenommen werden kann. Dies scheint in der Eigenthümlichkeit dieser Säuren begründet zu seyn, sich nicht mit gleich viel Moleculen  $H_2O$  zu Hydraten zu verbinden, während für die drei von mir untersuchten Sauerstoffverbindungen es kaum mehr zweifelhaft seyn dürfte, daß sie mit je derselben Anzahl von Wassermoleculen sich zu Hydraten verbinden <sup>1)</sup>.

Atomvolumen einiger Lösungen von HCl BrH und JH.

Formel des Hydrates	Atomgewicht	Specifisches Gewicht	Atomvolum	Differenz
HCl + $5H_2O$	126,5	1,1426	110,8	4,2
HBr + $5H_2O$	171	1,486	115,0	
HCl + $5\frac{1}{2}H_2O$	135,5	1,1328	119,6	14,0
HJ + $5\frac{1}{2}H_2O$	227	1,70	133,6	

Die mitgetheilten Bestimmungen ergeben ferner, daß wenn das Hydrat  $2HJO_3 + 9H_2O$  ein Molecul  $H_2O$  aufnimmt, das Atomvolum der Lösung um 44,4 zunimmt, also um die  $2\frac{1}{2}$ fache Größe des Atomvolums des Wassers, oder daß wenn die Lösung  $2HJO_3 + 10H_2O$  in die Lösung  $2HJO_3 + 9H_2O$  übergeht, das Atomvolum nicht um 18, sondern um das  $2\frac{1}{2}$ fache von 18 abnimmt, während sonst, so weit ich diese Zahlen weiter verfolgt habe, die Zunahme des Atomvolums, die 1  $H_2O$  entspricht, nahezu = 18 ist.

1) Vergleiche auch Groshans, Annal. d. Chem. und Pharm. Bd. 116, S. 221. Ueber die Atomvolumen der HCl-Lösungen werde ich in einer anderen Mittheilung zurückkommen.



Die von mir gefundenen Zahlen, schon vor neun Jahren zu einem anderen Zwecke bestimmt, und wohl noch einer Präcision fähig, sind nur als annähernde zu betrachten, besonders weil der Bestimmungen zu wenige ausgeführt wurden, und deshalb die Interpolationsfehler zu groß sind. Ich bin beschäftigt dieselben nochmals auf das genaueste zu bestimmen und auch für die übrigen Sauerstoffverbindungen der Halogene die entsprechenden Werthe festzustellen.

#### 4. Affinitätsverhältnisse der Halogene in ihren Sauerstoffverbindungen.

Es ist seit der Entdeckung des Broms und Jods bekannt, daß diese Elemente aus allen Verbindungen, die sich von Brom- und Jodwasserstoffsäure ableiten durch Chlor, und daß Jod daraus auch durch Brom ausgeschieden wird, so daß sich die Stärke der Affinitäten der drei so nahe verwandten Körper umgekehrt verhält, wie die Größe ihrer Atomgewichte.

Später entdeckte Millon die merkwürdige Thatsache, daß Jod umgekehrt das Chlor aus einer seiner Verbindungen der Trioxychlorsäure unter Bildung von Trioxyjodsäure austreibe, und gründete darauf die noch heute allgemein übliche Methode zur Darstellung des trioxyjodsauren Kaliums aus trioxychlorsaurem Kalium.

In der Absicht, zu prüfen, ob das Chlor auch in den übrigen Sauerstoffverbindungen der Halogene ersetzt werden könne, stellte ich die nachfolgend beschriebenen Versuche an.

#### Br und Cl HO.

Die Einwirkung beider ist bereits S. 394 ausführlich besprochen, doch bleibt noch die Einwirkung von Br auf  $\text{Cl}_2\text{O}$  zu versuchen.

#### Br und Cl HO<sub>2</sub>

Brom wirkt auf eine wässrige Lösung von  $\text{HClO}_2$  in der Kälte nicht ein.

Br und  $\text{ClO}_2$ 

Leitet man  $\text{ClO}_2$ , wie man es aus  $\text{K}_2\text{ClO}_3$  und  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$  erhält, in Brom, so findet keine Einwirkung, auch bei Gegenwart von Wasser, statt.

J und  $\text{ClO}_2$ 

wirken trocken nicht auf einander, bei Gegenwart von Wasser jedenfalls nur spurweise.

Br und  $\text{HClO}_3$ 

Im Gegensatz zu Balard und Connel fand ich, daß Brom in der Wärme unter Bildung von  $\text{HBrO}_3$  auf  $\text{HClO}_3$  einwirke, doch ist die Ausbeute an dieser Säure eine sehr geringe, da sie gleichzeitig auch wieder fast völlig zersetzt wird. In der Kälte wirken beide Körper nicht auf einander.

Br und  $\text{HClO}_4$ 

Die Einwirkung von Brom auf  $\text{HClO}_4$  unter Entbindung von Chlor und Bildung von  $\text{HBrO}_4$  findet nur unter ganz bestimmten, nicht leicht zu treffenden Bedingungen statt. Ich habe sie bei Einwirkung von wasserfreiem Bromdampf auf den Dampf des Hydrates  $\text{HClO}_4$  beobachtet. Da diesem aber gewöhnlich als Zersetzungsproduct der  $\text{HClO}_4$  etwas  $\text{Cl}_2\text{O}_3$  beigemengt ist, und dieses auf die Tetroxybromsäure, wie auf Tetroxyjodsäure reducirend einwirkt, erhält man häufig bei Anstellung dieses Versuches keine  $\text{HBrO}_4$  oder nur Spuren derselben, und da sich der Versuch nur in offenen Apparaten anstellen läßt, wodurch man den schädlichen Einflüssen von  $\text{Cl}$ ,  $\text{Br}$  und  $\text{Cl}_2\text{O}_3$  ausgesetzt ist, mußte ich auf die weitere Verfolgung dieser Reaction verzichten.

Die gebildete Tetroxybromsäure wird zunächst durch Digeriren der mit Brom behandelten  $\text{HClO}_4$  mit kohlensaurem Silber und Einengen des Filtrates als schwerlösliches, in großen weissen Sternen krystallisirendes Silbersalz erhalten, das von allen Salzen am leichtesten rein zu erhalten, am sichersten erkennbar und am meisten charakteristisch ist.

J und  $\text{HClO}_4$ .

$\text{HClO}_4$  wird um so leichter vom Jod zersetzt, je concentrirter dieselbe ist. Wendet man schwefelsäurehaltige Tetroxychlorsäure an und erwärmt, was nothwendig zur Vollendung der Reaction ist, so erhält man schliesslich nur Trioxyjodsäure. Diese neue Entstehungsweise der  $\text{HJO}_4$  lässt sich durch folgende Gleichung symbolisch ausdrücken:

Cl und  $\text{HBrO}_3$ .

wirken auch in der Wärme nicht auf einander; ebenso wenig wirkt Chlor auf die Salze der Trioxybromsäure.

J und  $\text{HBrO}_3$ .

Jod zersetzt schon bei gewöhnlicher Temperatur, schneller bei gelindem Erwärmen, wässrige  $\text{HBrO}_3$  unter Bildung von  $\text{HJO}_3$  und freiem Brom:

Cl und  $\text{HJO}_3$  undBr und  $\text{HJO}_3$ .

wirken nicht auf einander; ebenso wenig wirken Cl und Br auf die Salze der  $\text{HJO}_3$ .

Ferner sind ohne Einwirkung auf einander, auch beim Erhitzen im Rohre

Cl und  $\text{HJO}_4$  undBr und  $\text{HJO}_4$ .

und die beiden Halogene auf die Salze der  $\text{HJO}_4$ . (Auf einen speciellen Fall, der hierher gehört, werde ich später zurückkommen).

Wenn man die Verbindungen der Halogene, welche sich von den Wasserstoffverbindungen derselben ableiten, auf einander einwirken lässt, verhalten sich die Affinitäten bekanntlich wieder anders, wie bei der Einwirkung der freien Elemente auf diese Verbindungen. So wird  $\text{ClAg}$  durch  $\text{JH}$  und  $\text{JKa}$  in  $\text{JAg}$ , durch  $\text{BrH}$  und  $\text{BrKa}$  in  $\text{BrAg}$ ,  $\text{BrAg}$  selbst durch  $\text{JH}$  oder  $\text{JKa}$  in  $\text{JAg}$  verwandelt. Es

war deshalb von Interesse, auch die Affinitätsverhältnisse der Halogene in ihren Sauerstoffverbindungen in Bezug auf die von den Wasserstoffverbindungen sich ableitenden Verbindungen kennen zu lernen. Da sich zu diesen Versuchen am besten die Silberverbindungen eignen, so erstreckten sich meine Untersuchungen zunächst auf diese.

#### $\text{HJO}_3$ und $\text{Cl Ag}$

wurden in aequivalenten Mengen mit concentrirtem wässrigen Ammoniak zusammen 8 Stunden auf  $160^\circ$  erhitzt. Die Reaction war keine vollständige, doch konnte leicht in den Silberniederschlägen, nach dem Auswaschen und der Reduction mit Zink eine bedeutende Menge Jod nachgewiesen werden. Da kein Druck im Rohre wahrnehmbar war, so konnte das  $\text{J Ag}$  nur im Sinne folgender Gleichung entstanden seyn:



*Durch diese Reaction ist nun auch rückwärts die Trioxjodsäure in Trioxychlorsäure verwandelt.*

#### $\text{H Cl O}_3$ und $\text{Br Ag}$ .

Um die Darstellung freier Trioxychlorsäure zu ersparen, wurde die mit  $\text{HNO}_3$  versetzte Lösung von  $\text{Ka Cl O}_3$  mit einer aequivalenten Menge  $\text{Br Ag}$  im Rohre erhitzt und zuletzt die Temperatur bis  $150^\circ$  gesteigert. Die Röhre zeigte sich nach dem Erkalten mit Bromdampf erfüllt, der aber nachweislich dadurch entstanden war, daß sich Trioxychlorsäure zersetzt hatte unter Ausscheidung vom freiem Chlor, das eine entsprechende Menge Brom aus dem  $\text{Br Ag}$  frei machte.

Es ist somit eine Einwirkung von  $\text{H Cl O}_3$  auf  $\text{Br Ag}$  nicht anzunehmen.

#### $\text{HJO}_3$ und $\text{Br Ag}$ .

Jodsäure wurde mit einer aequivalenten Menge  $\text{Br Ag}$  und Wasser während 8 Stunden im Rohre auf  $110^\circ$  erhitzt. Nach dem Erkalten war das Rohr von violetten Joddämpfen erfüllt, die nur von einer Zersetzung der  $\text{HJO}_3$  durch Erhitzen mit  $\text{H}_2\text{O}$  herrühren konnten;  $\text{H Br O}_3$  konnte

sich nicht gebildet haben, weil freies Jod neben dieser Säure nicht bestehen kann.  $\text{HJO}_3$  ist daher ohne Einwirkung auf  $\text{Br Ag}$ .

Als ich den Versuch statt mit Wasser mit concentrirter Ammoniakflüssigkeit als Medium wiederholte, und nach Verjagung des  $\text{NH}_3$ , sorgfältigstem Auswaschen des Silberrückstandes mit  $\text{NH}_3$  (zur Entfernung von  $\text{Ag}(\text{JO}_3)$ ) und Reduction des Silberniederschlags mit Zink und verd.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  auf Jod prüfte, trat eine sehr starke Reaction ein, die beweist, daß sich bedeutende Mengen  $\text{J Ag}$  gebildet haben mußten.

Um noch einen directen Beweis dafür zu gewinnen, daß dieses  $\text{J Ag}$  in Folge der Bildung von  $\text{H Br O}_3$  entstanden sey, wurde die von Silber befreite Flüssigkeit (Filtrat) bis zur Verjagung des  $\text{NH}_3$  erhitzt, dann mittelst  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  der größte Theil der  $\text{HJO}_3$  ausgefällt, das Filtrat mit Alkohol versetzt, bis keine Fällung ( $\text{Ba}(\text{Br O}_3)_2$ ,  $\text{Ba}(\text{JO}_3)_2$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ) mehr entstand, dann abfiltrirt und der Niederschlag so lange mit Alkohol ausgewaschen, bis die Waschlösung keine Reaction mehr mit  $\text{Ag}(\text{NO}_3)$  gab. Sodann wurde der Niederschlag mit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  behandelt, der Ueberschuß derselben entfernt, von dem entstandenen  $\text{Ba SO}_4$  abfiltrirt und nun das Filtrat mit Chlorwasser und Schwefelkohlenstoff geprüft. Wie zu erwarten war, trat zuerst eine Jodreaction, nachdem diese aber verschwunden war, eine starke Bromreaction ein. Da dieses Brom nur von trioxybromsaurem Barium herrühren konnte, war nun sicher erwiesen, daß zwischen  $\text{HJO}_3$  und  $\text{Br Ag}$  eine analoge Reaction stattfindet, wie zwischen  $\text{JKa}$  und  $\text{Br Ag}$ :



Dieselbe Umsetzung erfolgt auch mit  $\text{Ka JO}_4$ , wenn nur das Medium Ammoniakflüssigkeit ist.

Es ist damit die Trioxyjodsäure indirect wieder in Trioxybromsäure übergeführt, und diese Reaction liefs erwarten, daß man bei Einwirkung von  $\text{Ka JO}_4$  auf  $\text{Br Ag}$  das Kaliumsalz der Tetroxybromsäure erhalten würde. Allein es ist dies deshalb nicht möglich, weil sich das 1 metallische

tetroxyjodsaure Kalium beim Erhitzen auf  $200^{\circ}$  mit Wasser oder Ammoniak vollständig in  $KaJO_3$  und  $O$  zerlegt, unter dieser Temperatur aber eine Reaction im erwarteten Sinne nicht eintritt.

Es bleibt mir zur Vervollständigung dieser Mittheilungen nur übrig zu erwähnen, daß

$HClO_4$  und  $BrAg$  sowie die Salze dieser Säure beim Erhitzen im Rohre auf  $200^{\circ}$  nicht auf einander einwirken.

Aus allen diesen Versuchen ergibt sich, daß die Affinitätsverhältnisse der Halogene im an Sauerstoff gebundenen Zustande gegenüber den Halogenmetallen dieselben sind, wie die, welche unter den letzteren gelten, die Stärken der Affinitäten mithin proportional sind der GröÙe der Atomgewichte.

In der Absicht, zu versuchen, ob auch die Bleiverbindungen der Halogene dieselben Umsetzungen ergeben würden, wie die eben von den Silberverbindungen mitgetheilten, lieÙ ich  $KaJO_3$  und  $NH_4(JO_3)$  auf  $PbCl_2$  und  $PbBr_2$  einwirken, als Reaktionsmedium wieder Ammoniakflüssigkeit benutzend. Es entstehen schon beim Uebergießen des Gemenges von  $PbCl_2$  oder  $PbBr_2$  und  $2KaJO_3$  mit Ammoniakflüssigkeit bei gewöhnlicher Temperatur unter bedeutender Wärmeentwicklung eigenthümliche Verbindungen von  $Pb(JO_3)_2$  mit  $PbCl_2$ ,  $PbBr_2$ ,  $PbJ_2$  und  $PbO$ , die sich durch ihre lebhaften Farben sofort auszeichnen.

Die Verbindung von  $PbCl_2$  ist strohgelb, die von  $PbJ_2$  ziegelroth gefärbt. Diese Verbindungen unterscheiden sich von den übrigen Verbindungen der  $HJO_3$  dadurch, daß sie durch  $HCl$  nur schwierig, vollständig erst beim Erwärmen, ebenso durch verd.  $H_2SO_4$  nur sehr allmählich, durch kohlensaure, oxalsaure und schwefelsaure Alkalien aber gar nicht zersetzt werden, ganz wie tetroxyjodsaures Blei.

Ich habe mehrfache Analysen dieser Verbindungen ausgeführt, die sehr gut unter einander übereinstimmen, allein ich muß bekennen, daß ich trotzdem die Zusammensetzung derselben noch nicht für sicher genug gestellt erachte, um

sie hier mittheilen zu sollen. Ich beabsichtige darüber bald in einem Nachtrage zu berichten.

#### 5. Tetroxyjodsäure.

Bengiefser<sup>1)</sup> beobachtete, daß beim Vermischen von »neutralem« (metallischen) tetroxyjodsaurem Natrium mit den Lösungen von Blei, Barium, Strontium und Silber die Flüssigkeiten eine saure Reaction annehmen, in Folge der Bildung »basischer Salze«, die Bengiefser indessen nicht näher untersuchte. Da ich neuerdings ein analoges Verhalten des citronensauren Natriums beobachtet habe, und diese Reactionen für die Theorie der Säuren und besonders für die Basicitätslehre entscheidend sind, hielt ich es für wichtig genug, dieselben neuerdings eingehender zu studiren. Da inzwischen eine Arbeit von Rammelsberg über denselben Gegenstand erschienen ist, werde ich mich hier auf sehr kurze Notizen beschränken.

Als Ausgangspunkt für diese Versuche diente mir in bekannter Weise dargestelltes tetroxyjodsaures Kalium, das sich bei der Analyse als 1 metallisches Salz erwies

Substanz	$Ka_2SO_4$	Proc. Ka
0,5984	0,2347	17,63

Die Formel  $Ka(JO_4)$  verlangt 17,03 Proc. Ka.

Vermischt man die heiße wässerige Lösung dieses Salzes mit einer heißen Lösung von salpetersaurem Barium und erhitzt kurze Zeit, so entsteht auch nach dem Erkalten kein Niederschlag, die Flüssigkeit aber reagirt stark sauer. War nicht kurze Zeit erhitzt worden, so kann ein Niederschlag entstehen, weil die Reaction dann nur theilweise eingetreten ist; dadurch erklärt sich der scheinbare Widerspruch meiner Beobachtung mit den Angaben Rammelsberg's und Bengiefser's. Fügt man zu der sauren Lösung eine entsprechende Menge essigsaures Kalium oder Natrium, so entsteht sofort ein völlig amorpher Niederschlag, der in Wasser nicht ganz unlöslich ist. Derselbe

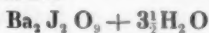
1) Annal. d. Pharmacie Bd. 17, S. 254.



wurde abfiltrirt, ausgewaschen und durch Pressen getrocknet. Bei 150° verlor er Nichts an Gewicht.

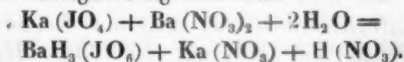
	Substanz	Ba SO <sub>4</sub>	Proc. Ba
1.	0,5015	0,3288	37,85
2.	0,5821	0,3734	37,71.

Diese Zahlen lassen keinen Zweifel, daß dieses Salz identisch ist mit dem von Langlois entdeckten 2 Ba O, 3 H O, J O<sub>7</sub> <sup>1)</sup> oder Ba H<sub>3</sub> (J O<sub>6</sub>), dessen Formel 37,75 Proc. Ba verlangt, während die von Rammelsberg gegebene unwahrscheinliche Formel



37,28 Proc. Ba verlangen würde.

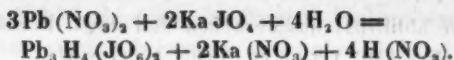
Die Entstehung dieses Salzes, völlig analog der Entstehung des 4 metallischen citronsäuren Kupfers aus citronsäurem Natrium und schwefelsäurem Kupfer läßt sich durch folgende Formelgleichung darstellen:



Nach dieser Entstehungsweise läßt sich das bimetallische tetroxyjodsaure Barium unmöglich als Anlagerung von Ba H<sub>2</sub> O<sub>2</sub> an das monometallische Salz betrachten, eine Thatsache, die für die Beurtheilung der Constitution der Tetroxyjodsäure selbst von größter Wichtigkeit ist. Das Salz zeigt einige bemerkenswerthe, bisher nirgends erwähnte Eigenschaften. Obwohl es in Wasser keineswegs ganz unlöslich ist, läßt es sich weder durch kohlensaures noch durch schwefelsaures Kalium und Ammonium zerlegen. Ja man kann es durch Behandeln mit kohlensaurem Ammonium sogar vortrefflich von anhängendem trioxyjodsaurem Salze befreien und auf dieses Verhalten eine vollkommen genaue Trennung der beiden Säuren basiren.

Von nicht minder Wichtigkeit ist die Reaction zwischen tetroxyjodsaurem Kalium und salpetersäurem Blei, welche unmittelbar zur Entstehung des von Langlois analysirten 3 metallischen Bleisalzes führt, die durch die folgenden Formeln ausgedrückt wird:

1) Alte Atomgewichte.



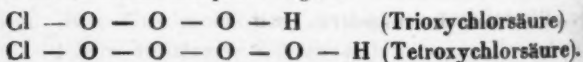
Dieses Bleisalz ist gleichfalls unzersetzbar durch die schwefelsauren und kohlensauren Salze der Alkalien und des Ammoniums.

Man kann zur Darstellung der  $\text{HJO}_4$  für viele Zwecke, z. B. zur Darstellung ihrer meist schwer- oder unlöslichen Salze das braune Silbersalz vortheilhafter mit Chlorgas als wie bisher mit  $\text{HNO}_3$  zersetzen. Es kann in diesem Falle der  $\text{HJO}_4$  etwas  $\text{HClO}$ ,  $\text{HClO}_3$  oder nach dem Abdampfen etwas  $\text{HClO}$ , beigemengt seyn, welche Säuren aber mit allen Metallen, Kalium ausgenommen, leicht lösliche Salze bilden und deshalb bei Darstellung der tetroxyjodsauren Salze absolut unschädlich sind. Man gewinnt auf diese Weise die ganze Menge von  $\text{HJO}_4$  und nicht bloß die Hälfte, wie nach dem älteren Verfahren. Selbstverständlich muß das Chlor von  $\text{HCl}$  auf das Sorgfältigste befreit seyn, um eine Zersetzung der  $\text{HJO}_4$  durch diese Säure zu verhüten. Die Zersetzung des unter Wasser befindlichen Silbersalzes findet augenblicklich schon in der Kälte statt.

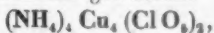
Wendet man Brom anstatt des Chlors zur Zerlegung des tetroxyjodsauren Silbers an, so gelingt dieselbe ebenso leicht, und man kann durch Eindampfen zuerst auf dem Wasserbade und zuletzt im Vacuo bis zur Trockne, absolut reine  $\text{H}_4\text{JO}_6$  gewinnen, da die  $\text{HBrO}_3$  sich dabei völlig zersetzt, ohne irgend einen Rückstand zu hinterlassen.

#### 6. Constitution der Sauerstoffverbindungen der Halogene.

Die Erklärung der Constitution dieser Verbindungen ist auf Grundlage der Atomigkeitslehre schon mehrfach versucht worden, besonders von Wurtz, der eine kettenförmige Verbindung der Sauerstoffatome in denselben annahm, wie nachstehende Beispiele zeigen:



Eine analoge Betrachtungsweise aber ist für die polybasische Tetroxyjodsäure unmöglich, denn ein Blick auf diese Formeln lehrt, daß in dieser Weise nur einbasische Säuren dargestellt werden können. Es war bei der Aufstellung jener Formeln dieses Moment unbeachtet geblieben, da man gewöhnt war, die polymetallischen Salze der Tetroxyjodsäure und ihr Hydrat  $H_4JO_6$  zu ignoriren, oder wie noch Rammelsberg in seiner neuesten Arbeit über diesen Gegenstand (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin Bd. I, S. 71) dieselben als „nicht normale“, die einmetallischen aber als normal zu bezeichnen. Doch scheint Rammelsberg, indem er von „*verschiedenen Sättigungsstufen*“ dieser Säure spricht, ihre Polybasicität im Sinne der alten Säuretheorie erklären zu wollen durch ihr Vermögen sich noch weiter mit verschiedenen Moleculen Wasser oder Metalloxyden verbinden zu können. Obgleich Rammelsberg selbst einige dem Hydrate  $H_4JO_6$  entsprechende Salze entdeckt hat, meint er dennoch, „daß hier die *concrete* Säure eine ganz andere Beziehung zu den Salzen hat, als die Ueberchlorsäure zu den Hyperchloraten.“ Ist doch durch Roscoe's schöne Arbeit bereits ein dreimetallisches Cuprammoniumsalz der Tetroxychlorsäure bekannt geworden:



und kennen wir nicht gerade die von der Tetroxyjodsäure noch fehlenden Hydrate von der Tetroxychlorsäure, während umgekehrt die diesen Hydraten entsprechenden Salze fast nur von der ersteren Säure bekannt sind?

Wendet man auf diese Säuren die jetzt allgemein für diese Classe von Verbindungen geltenden Betrachtungsweisen an, so muß man in denselben ebenso viele Hydroxylatome voraussetzen, als Wasserstoffatome durch Metalle vertretbar sind. Die „*verschiedenen Sättigungsstufen*“ aber erscheinen als verschiedene Hydrate derselben ursprünglichen Säure, die eine völlige Analogie mit den verschiedenen Phosphorsäuren zeigen, und deren Zahl auch durch Condensation und Polymerisation vergrößert wird.

Wir haben demnach die Hydrate



als die ursprünglichen Säuren zu betrachten; das krystallisirte Hydrat



von dem sich das erwähnte Cuprammoniumsalz ableitet, erscheint dann als erstes Anhydrid, das Hydrat

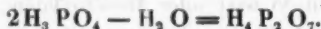


als ein zweites Anhydrid.

Die Salzreihe von der allgemeinen Formel  $\text{M}_4\text{J}_2\text{O}_6$  leitet sich von einem unbekannten Hydrate  $\text{H}_4\text{J}_2\text{O}_4$  ab, das durch Condensation zweier Moleculé der Säure unter Austritt von Wasser entstanden ist:



analog der  $\beta$  Phosphorsäure:



Diese Hydrate lassen sich ebenso wenig wie die entsprechenden Salze der Tetroxyjodsäure durch rationelle Formeln darstellen, wenn man nicht, wie dies ein Blick auf die Wurtz'schen Formeln zeigt, die *Halogene selbst als mehratomig annimmt*. Zu demselben Schlusse gelangte auch Blomstrand (*Ueber die Chemie der Jetztzeit vom Standpunkte Berzelius', S. 166*), und ich glaube, daß diese Annahme mit Unrecht auf Widerspruch stößt, und als *»willkürlich«* bezeichnet wird, da sie doch, wie die ganze Atomigkeitslehre nur ein Ausdruck nicht wegzuleugnender Thatsachen ist <sup>2)</sup>.

- 1) Dieses ist in nicht ganz dieser Formel entsprechendem Zustande von Roscoe dargestellt. Jede andere Formel würde aber zu der von Roscoe gefundenen Zahl noch weniger passen (gefunden 72,3, berechn. 73,63 Proc. Cl). Die Differenz läßt sich leicht durch die Schwierigkeit erklären dieses begierig Wasser anziehende Hydrat völlig frei von Wasser zu erhalten.
- 2) Auch Schützenberger war schon vor längerer Zeit genöthigt, das Jod dreiatomig anzunehmen, um die Constitution der von ihm entdeckten merkwürdigen Verbindungen dieses Elementes mit Acetyl und seinen Homologen erklären zu können.

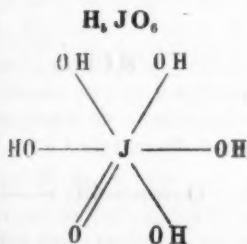
Wie wollte man sonst auch in Verbindungen wie  $\text{AgJ}$ ,  $\text{HJ}$ ,  $\text{JCl}_3$ ,  $\text{JCl}_4$ ,  $\text{BrCl}_3$  die einzelnen Atome zusammengehalten denken, als durch die Mehratomigkeit des Jods? Man müßte denn eine Annahme machen, die aber noch viel willkürlicher wäre, nämlich die, daß einzelne Körper sich nur mit Bruchtheilen ihrer Valenz binden können.

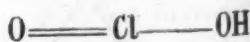
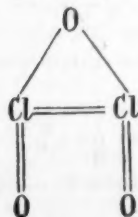
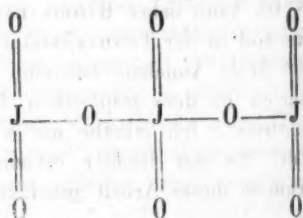
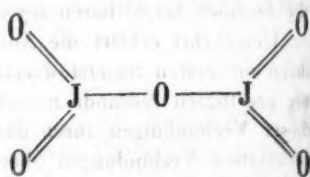
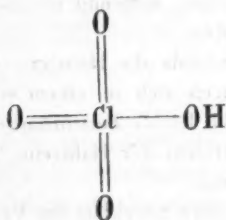
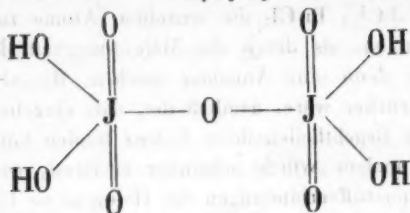
Diese Annahme würde scheinbar erklären, warum gerade die Sauerstoffverbindungen der Halogene so leicht zersetzbar sind, allein sie wird selbst schon durch die Thatsache widerlegt, daß die höheren Sauerstoffverbindungen am festesten zusammengehalten werden, während sie doch die leichtest zerstörbaren seyn müßten.

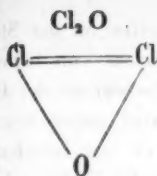
Umgekehrt erklärt die Annahme, daß die Halogene in ihren niedersten Sauerstoffverbindungen sich in einem wenig gesättigten Zustande befinden, die leichte Zerstörbarkeit dieser Verbindungen durch das Bestreben der Halogene, in gesättigtere Verbindungen überzugehen.

Dieser Annahme steht allerdings noch unerklärt das Verhalten der Halogene in ihren Wasserstoffverbindungen entgegen.

Ich kann daher Blomstrand nur beistimmen, wenn er das Jod in der Tetroxyjodsäure als septaffin annimmt, und auf dieser Annahme basirend, die Formeln dieser Verbindungen in der graphischen Darstellungsweise Kekulé's construirt. Ich erlaube mir solche Formeln in einer Gestalt, die mir leichter erkennbar zu seyn scheint, zum Schlusse dieser Arbeit anzufügen.







Marburg, Juni 1869.

# VI. Ueber eine vergleichbare Spectralscale; von A. Weinhold.

Die Uebelstände der bei Spectralbeobachtungen meist angewendeten photographirten Scaln — mangelnde Vergleichbarkeit der Angaben verschiedener Apparate untereinander und selbst der Angaben eines und desselben Apparates bei veränderter Stellung des Prisma und das Fehlen einer einfachen Beziehung zwischen den Zahlenwerthen, welche eine Farbe charakterisiren, der Wellenlänge oder der Schwingungszahl des Lichtes einerseits und dem Orte der Farbe auf der Scale andererseits — sind allgemein anerkannt.

Unter gewissen Bedingungen lassen sich die von Wrede beobachteten Interferenzabsorptionsstreifen im Spectrum des von einem dünnen Glimmerblatt reflectirten Lichtes (d. Ann. Bd. XXXIII) zu einer Scale benutzen, welche den Vortheil bietet, dafs ihre Angaben streng vergleichbar sind und an der zugleich die beobachteten Abstände verschiedener Farben fast genau den Differenzen der Schwingungszahlen derselben proportional sind, so dafs sich diese Scale sehr gut an die von Listing (diese Ann. Bd. CXXXI) vorgeschlagene Farbenscale anschliesst.

Ist ein dünnes, planparalleles Blättchen auf beiden Seiten von Luft begränzt, so dafs an der Vorderfläche eine Phasenänderung von  $180^\circ$  eintritt, so erscheinen im Spec-



trum des reflectirten Lichtes dunkle Streifen an der Stelle aller der Farben, welche eine ganze Anzahl von Schwingungen ausführen in der Zeit, um welche ein an der Hinterfläche reflectirter Strahl verzögert wird gegen den an der Vorderfläche reflectirten, mit dem er zur Interferenz gelangt. Wenn diese Verzögerung für alle Farben gleich wäre, so würden diejenigen Farben durch Interferenz ausgelöscht werden, welche in dieser Zeit

$$N, N+1, N+2, N+ \dots$$

Schwingungen ausführen, oder mit anderen Worten: es würden die Absorptionsstreifen im Spectrum einer Reihe von Farben entsprechen, deren Schwingungszahlen eine arithmetische Progression bilden. Eine solche Gleichheit der Verzögerungszeiten findet nun thatsächlich nicht statt; sie läßt sich aber, wie später gezeigt werden soll, sehr annähernd erreichen und soll deshalb vorläufig als vorhanden angenommen werden.

Diese Verzögerungszeit sey  $t$ , ferner seyen  $0, s_1$  und  $s_2$  die Ordnungszahlen dreier Absorptionsstreifen, deren Schwingungszahlen  $N_0, N_1$  und  $N_2$  sind, so ist

$$tN_1 - tN_0 = s_1 \text{ und } tN_2 - tN_0 = s_2$$

und folglich

$$N_2 = N_0 + \frac{s_2}{s_1}(N_1 - N_0); \dots (1)$$

es läßt sich also die Schwingungszahl jeder einem Absorptionsstreifen entsprechenden Farbe berechnen, wenn die Schwingungszahlen für zwei derartige Farben bekannt sind, und da die Streifen sehr nahe beisammen liegen, wenn das reflectirte Blättchen nicht außerordentlich dünn ist, so kann man auch für Zwischenstufen die Schwingungszahlen finden, indem man für  $s_1$  und  $s_2$  gebrochene Zahlen nimmt. Die Berechnung der Verhältnisse der Schwingungszahlen für diejenigen Fraunhofer'schen Linien, deren Wellenlängen bekannt sind, und die Vergleichung der so erhaltenen Werthe von  $\frac{N_1 - N_0}{N_2 - N_0}$  mit den aus den Scalenbeobach-

tungen erhaltenen Verhältnissen  $\frac{s_1}{s_2}$  bietet zugleich ein Mittel zu prüfen, wie weit die Annäherung an die angenommene Gleichheit der Verzögerungszeiten practisch möglich ist.

Bezüglich der im Folgenden vorkommenden Zahlenangaben sey bemerkt, daß die Wellenlängen ( $\lambda$ ) in Milliontelmillimetern ausgedrückt sind, wie das zumeist geschieht, als Schwingungszahlen sind aber einfach die Reciproken ( $\frac{1}{\lambda}$ ) genommen, um die Rechnungen zu vereinfachen und um nicht einen Werth für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in die Rechnung aufzunehmen, da die gewöhnlich gebrauchten Werthe (42000 Meilen oder 41600 Meilen) nach den neueren Bestimmungen der Sonnenparallaxe wohl nicht beibehalten werden können. Die vorkommenden Werthe von  $N$  gelten also für diejenige Zeit als Einheit, in der das Licht einen Weg von 0<sup>mm</sup>,000001 zurücklegt; die Schwingungszahlen für die Secunde ergeben sich daraus durch Multiplication mit 301970 Billionen (die Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu 40600 Meilen gerechnet).

Ist  $abcd$  (Fig. 1 Taf. III) eine dünne, planparallele Schicht eines einfach lichtbrechenden Mittels, deren Dicke  $=\delta$  ist, so durchläuft ein Strahl den Weg  $efg$ , der andere, mit dem er interferirt, den Weg  $hg$ . Ist  $i$  der Einfallswinkel,  $r$  der Brechungswinkel und  $n$  der Brechungsexponent des ersten Strahles, so ist

$$efg = \frac{2\delta}{\cos r}$$

und, da  $\sin i = n \sin r$  ist,

$$efg = \frac{2\delta}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 i}{n^2}}}$$

Ist ferner  $v$  die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Strahles in Luft, also  $\frac{v}{n}$  die in dem brechenden Mittel, so ist

$$(die\ Zeit\ zum\ Durchlaufen\ von\ efg) = \frac{2\delta n}{v\sqrt{1 - \frac{\sin^2 i}{n^2}}}$$

Der andere Strahl durchläuft den Weg

$$hg = 2\delta \operatorname{tg} r \sin i = \frac{2\delta \sin^2 i}{n\sqrt{1 - \frac{\sin^2 i}{n^2}}}$$

mit der Geschwindigkeit  $v$ , folglich ist

$$(die\ Zeit\ zum\ Durchlaufen\ von\ hg) = \frac{2\delta \sin^2 i}{n v \sqrt{1 - \frac{\sin^2 i}{n^2}}}$$

und die Verzögerungszeit

$$t = \frac{2\delta}{v} \sqrt{n^2 - \sin^2 i} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Das Verhältniß zweier Werthe  $t_1$  und  $t_2$  für die Brechungsexponenten  $n_1$  und  $n_2$  zweier verschiedenfarbiger Strahlen

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\sqrt{n_1^2 - \sin^2 i}}{\sqrt{n_2^2 - \sin^2 i}}$$

weicht nun zwar etwas von der Einheit ab, aber bei passend gewölbtem Material des Blättchens nicht bedeutend. Die Abweichung von der Einheit wächst mit dem Winkel  $i$  und ist für  $i = 90^\circ$  ein Maximum, trotzdem muß man den Einfallswinkel möglichst groß machen, weil bei kleineren Werthen von  $i$  das reflectirte Licht nicht intensiv genug ist, um die Anwendung eines stark farbenzerstreuenden Apparates zu gestatten. Für große Werthe von  $i$  ist auch das Wachsthum von  $\frac{t_1}{t_2}$  kleiner als für mittlere Werthe, so daß man, um möglichst gleiche Lage der Interferenzstreifen zu erhalten, den einmal angenommenen Werth von  $i$  weniger genau einzuhalten braucht, wenn der Einfallswinkel nahezu  $90^\circ$  beträgt, als wenn er kleiner ist.

Für ein Crown Glasblättchen mit den Brechungsexponenten  $n_1 = 1,55$  (Linie H) und  $n_2 = 1,53$  (Linie B) erhält man

E  
rechn  
trums  
obige  
Theil  
versch  
Crow  
wären  
naue  
hofe  
dem  
lich,  
schon  
die g  
dünne  
sen g  
chen  
statt  
Regel  
verha  
dies  
Unter  
so ho

für $i = 0^\circ$	$\frac{t_1}{t_2} = 1,0131$
10	1,0132
20	1,0138
30	1,0146
40	1,0159
50	1,0174
60	1,0192
70	1,0209
80	1,0222
90	1,0227

Es ist noch zu bemerken, daß die nach Formel (1) berechneten Werthe von  $N$  für die mittleren Farben des Spectrums weniger von der Wahrheit abweichen würden, als die obigen Werthe  $\frac{t_1}{t_2}$  von der Einheit, weil für die mittleren Theile des Spectrums die Brechungsexponenten weniger verschieden sind. Die Anwendung eines Blättchens von Crownnglas, dessen Brechungsexponenten genau bestimmt wären, würde eine Correctionsrechnung und somit eine genaue Ermittlung der Schwingungszahlen für alle Fraunhofer'schen Linien gestatten; dieselbe wäre aber nur mit dem großen Kirchhoff-Steinheil'schen Analysator möglich, da ein Blättchen von 0<sup>mm</sup>,5 Dicke zwischen  $B$  und  $H$  schon mehr als 1200 Interferenzstreifen geben würde. Für die gewöhnlichen Spectralapparate lassen sich entsprechend dünne Blättchen wohl kaum schleifen. Die durch Aufblasen glühenden Glases bis zum Zerplatzen erhaltenen Blättchen sind sehr dünn, aber nicht eben und gleichmäfsig; anstatt gerader, paralleler Interferenzstreifen geben sie in der Regel gekrümmte und fächerartig divergirende. Aehnlich verhalten sich Häutchen von zähen Flüssigkeiten, die überdies wieder zu dünn sind und sich fortwährend verändern. Unter den tesserale Mineralien ist selbst Steinsalz nicht in so hohem Grade spaltbar, daß es brauchbare Blättchen lie-

fern könnte, es lassen sich solche nur aus zweiaxigem Glimmer spalten<sup>1)</sup>.

Wegen der Doppelbrechung giebt das von einem Glimmerblatte reflectirte Licht im allgemeinen zwei übereinanderfallende Systeme verschieden weit auseinanderstehender Interferenzstreifen, welche sich ihrer Intensität und Lage nach ändern mit der Lage des einfallenden Lichtstrahls gegen die optischen Axen. Der möglichsten Einfachheit wegen wird es sich von vornherein empfehlen, als Reflexionsebene eine durch zwei Elasticitätsaxen gelegte Ebene zu wählen; dadurch erreicht man zugleich den Vortheil, daß die beiden Streifensysteme möglichst ungleich deutlich werden, so daß es selbst ohne weitere Hilfsmittel möglich ist, die zu einem Systeme gehörigen Streifen allein ins Auge zu fassen. Wenn der Einfallswinkel ohngefähr  $60^\circ$  beträgt, so ist fast alles reflectirte Licht in der Reflexionsebene polarisirt, man erblickt alsdann nur ein Streifensystem und da das in der Ebene zweier Elasticitätsaxen polarisirte Licht in dieser Ebene den Krystall als ordentlich gebrochenes durchläuft, so könnten für diese Stellung die obigen Formeln für einfach lichtbrechende Substanzen Anwendung finden. Die geringe Intensität des reflectirten Lichtes macht aber, wenigstens für künstliches Licht, die Beobachtungen schwierig und läßt die Wahl eines größeren Einfallswinkels rathlich erscheinen. Bei den weiter unten zu beschreibenden Beobachtungen wurde der Einfallswinkel immer zu  $85^\circ$  genommen; dabei ist der größte Theil des reflectirten Lichtes rechtwinkelig gegen die Reflexionsebene polarisirt. Um die matten Streifen des zweiten Systems zu beseitigen, läßt man zweckmäßig das Licht, bevor es auf das Glimmerblatt fällt, durch ein passend gestelltes Nicol'sches Prisma gehen. Als Reflexionsebene wurde immer die Ebene der optischen Axen<sup>2)</sup> gewählt und diese Ebene zugleich in den Haupt-

1) Man erhält denselben in vorzüglicher Schönheit aus der Glimmerwaarenfabrik von Max Raphael in Breslau.

2) Da die Ebene der optischen Axen auf der Spaltungsfläche des Glimmers senkrecht steht, so kann man sie leicht auf folgende Weise be-

schnitt des Prisma gebracht, der auch die Axen des Spaltrohrs und Beobachtungsfernrohrs aufnimmt und kurz die Hauptebene des Apparates heißen mag. Diese Hauptebene war horizontal, die Polarisationsebene des Nicol also vertical.

Um für die angenommene Lage des Glimmerblattes gegen den einfallenden Lichtstrahl die Verzögerungszeit für den vertical polarisirten Theil des Lichtes zu finden, sey (in Fig. 2 Taf. III) die Ebene des Papiers die Reflexionsebene,  $a b c d$  sey das Glimmerblatt;  $i$ ,  $\delta$ ,  $v$  und  $t$  sollen dieselbe Bedeutung haben wie oben,  $\frac{v}{m}$  sey die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des vertical polarisirten Strahles in der Richtung  $ek$ ,  $\frac{v}{n}$  die Fortpflanzungsgeschwindigkeit desselben in der Richtung  $el$ . ( $m$  ist dann der Brechungsexponent für den Strahl, welcher in der Ebene der Spaltungsflächen

stimmen: Ein Glimmerblatt, dessen Dicke durch einen vorläufigen Versuch als passend erkannt ist, legt man auf den drehbaren, horizontalen, mit einer Kreistheilung versehenen Tisch eines Nörremberg'schen Polarisationsapparates mit gekreuzten Spiegeln und dreht den Tisch einigemal im Kreise herum, indem man immer die Stellungen notirt, bei denen das Glimmerblatt vollkommen dunkel erscheint. Aus den um beziehentlich  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $270^\circ$  verminderten Ablesungszahlen nimmt man das Mittel und stellt den Index des Kreises auf die erhaltene Zahl. Dann liegen die optischen Axen in einer der Spiegelpolarisationsebenen. Durch vier kleine, um  $90^\circ$  von einander abstehende, am Rande des Glimmerblattes eingerissene Striche markirt man die Durchschnitte dieser Ebenen mit dem Glimmerblatt. Hierauf nimmt man das Glimmerblatt von dem Tische ab und klemmt es so in ein an einem Ende etwas aufgespaltenes Holzstäbchen, daß dieses in die verlängerte Verbindungslinie zweier gegenüberstehender, eingerissener Striche fällt und hält nun das Glimmerblatt mittelst des Stäbchens so zwischen die beiden Spiegel, daß das Stäbchen horizontal ist und mit den beiden Polarisationsebenen des Apparates Winkel von etwa  $45^\circ$  macht. Dreht man jetzt das Stäbchen zwischen den Fingern, so erblickt man das Glimmerblatt bei einer Drehung um  $360^\circ$  vier Mal in der Richtung der optischen Axen, also dunkel, wenn das Stäbchen, welches die Drehungsaxe bildet, auf der Ebene dieser Axen senkrecht steht; dagegen zeigt das Blättchen nur verschiedene Farben, wenn die Drehungsaxe in dieser Ebene selbst liegt.

polarisirt, in dieser als ordentlich gebrochener Strahl sich fortpflanzt, und  $n$  der Brechungsexponent für den Strahl, welcher in gleicher Weise sich fortpflanzt und polarisirt ist in der Ebene, die auf der Ebene der optischen Axen und auf der Spaltungsrichtung senkrecht ist.) Ferner sey  $ek = \alpha$  und  $el = \beta$ , dann ist

$$eo = \frac{qo}{\sin i} = \frac{\alpha^2}{x}$$

und da  $qo = \alpha m$  ist, so ist

$$x = \frac{\alpha \sin i}{m} \text{ und } y = \frac{\beta}{m} \sqrt{m^2 - \sin^2 i}.$$

Ferner ist  $hg = eg \sin i$  und da  $\frac{eg}{\delta} = \frac{2x}{y}$ , so ist

$$hg = \frac{2\delta x \sin i}{y}$$

und folglich

$$(\text{die Zeit zum Durchlaufen von } hg) = \frac{2\delta}{v} \cdot \frac{\alpha \sin^2 i}{\beta \sqrt{m^2 - \sin^2 i}}$$

Die Zeit zum Durchlaufen des Weges  $ep$  ist gleich der Zeit zum Durchlaufen des Weges  $\alpha$ , also  $= \frac{\alpha m}{v}$  und da

$$\frac{efg}{2(eg)} = \frac{\delta}{y}, \text{ so ist}$$

$$(\text{die Zeit zum Durchlaufen von } efg) = \frac{2\delta}{v} \cdot \frac{\alpha m^2}{\beta \sqrt{m^2 - \sin^2 i}}$$

$$\text{also } t = \frac{2\delta}{v} \cdot \frac{\alpha}{\beta} \sqrt{m^2 - \sin^2 i}$$

$$\text{oder da } \frac{\alpha}{\beta} = \frac{n}{m}$$

$$t = \frac{2\delta}{v} \cdot \frac{n}{m} \sqrt{m^2 - \sin^2 i} \dots (3).$$

Diese Formel ist der Formel (2) ganz conform und würde für  $n = m$  in dieselbe übergehen. Wegen der Beschaffenheit des Glimmers, die das Schleifen von Prismen unmöglich macht, ist eine Bestimmung der verschiedenen Werthe von  $n$  und  $m$  nicht möglich. Es läßt sich nur angeben, daß die Brechungsexponenten des Glimmers zwischen denen des Terpenthinöls und des Schwefelkohlenstoffs liegen müssen, denn ein Glimmerblatt zeigt unter Terpenthinöl in allen Lagen nur eine sehr schwache, unter Schwefelkohlen-



stoff bei grossem Einfallswinkel totale Reflexion. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten können in den verschiedenen Hauptrichtungen nicht sehr verschieden seyn, denn die Abstände der Streifen in den beiden Systemen und bei verschiedener Lage des einfallenden Strahles gegen die optischen Axen sind nur wenig verschieden, so lange der Einfallswinkel derselbe ist. <sup>1)</sup>

Damit die Interferenzstreifen scharf und deutlich erscheinen, dürfen nur Strahlen in das Spectroskop gelangen, die von dem Glimmerblatt unter nahezu gleichen Winkeln reflectirt worden sind; deshalb läßt man das Licht, ehe es auf das Glimmerblatt fällt, durch einen Spalt gehen, welcher dem des Spectroskops parallel ist, aber eine beträchtlich grössere Breite (etwa 1<sup>mm</sup>,5) besitzen darf.

Um die Lage dunkler oder heller Spectrallinien nach der Glimmerscale zu bestimmen, erzeugt man natürlich zwei Spectra übereinander. Die Anordnung des Scalenapparates zeigt Fig. 3 Taf. III in der Ansicht von oben und Fig. 4 in der Seitenansicht. An der festen Schneide des Spaltes eines gewöhnlichen Spectroskops ist ein kleiner Träger befestigt, der ein gleichschenkelig rechtwinkliges Prisma *P* trägt, welches vor der unteren Spalthälfte steht und dazu dient, das zu untersuchende Licht von *L* her durch totale Reflexion in das Spectroskop gelangen zu lassen. An der unteren Seite des Spaltrohrs ist ein horizontaler Messingstreifen *TT'* angeschraubt, dessen beide Hälften bei *M* unter einem Winkel von 170° zusammenstossen. *M* ist ein Verticalsäulchen, das mit einem Zapfen in dem Messingstreifen *TT'* drehbar ist und durch Anziehen der Schraubenmutter *S* geklemmt werden kann. Dieses Säulchen trägt ein kurzes, horizon-

- 1) Der Senarmont'sche Wärmeleitungsversuch liefert auf einem durch Spaltung erhaltenen Glimmerblatte als Schmelzungsfigur einen fast vollkommenen Kreis. Auf einem gegen die Spaltungsrichtung stark geneigten Querschnitt entsteht eine ungefähr elliptische Figur, doch könnte daran die mangelnde Continuität der Substanz in der Richtung rechtwinkelig gegen die Spaltrichtung Schuld tragen, welcher die kleine Axe der Ellipse entspricht; bei verschiedenen Versuchen war das Axenverhältniß schwankend.

tales<sup>1)</sup>, cylindrisches, oben geschlitztes Rohr  $RR'$ , welches nicht ganz bis in die Mitte von  $M$  vorgeht. In dieses Rohr paßt ziemlich streng ein zweites, vorn an der Außenseite etwas konisch verjüngtes, hinten mit einem geränderten Ansatz versehenes Rohr  $GG'$ , auf dessen Vorderseite das Glimmerblatt aufgeklebt wird. Die Axe dieses Rohres kann mit der des Spaltrohres in einer Ebene oder etwas höher liegen. Bei  $T'$  trägt der Messingstreif eine verticale, geschwärzte Blende  $BB'$ , welche in der Mitte einen verticalen Spalt von  $1^{\text{mm}},5$  Weite hat. An der nach  $M$  gekehrten Seite trägt die Blende ein kurzes, cylindrisches Ansatzrohr zur Aufnahme des Nicols  $N$ . Spalt und Nicol müssen so angebracht seyn, daß das hindurchtretende Lichtbündel den oberen Theil des Spectroskopspaltes bis wenigstens zur Mitte deckt.

Nachdem an einem recht ebenen, gleichmäfsig dicken Glimmerblatt die Ebene der optischen Axen bestimmt ist, bestreicht man den vorderen Rand des Rohres  $GG'$ , das man etwas erwärmt, mit einer recht dünnen Schicht von dickflüssigem Canadabalsam und setzt dann das Rohr so auf das (horizontal liegende) Glimmerblatt, daß ein auf der Rückseite von  $GG'$  markirter Durchmesser in die Ebene der optischen Axen fällt. Nach dem Erhärten des Balsams drückt man mittelst des Rohres das Glimmerblatt fest auf eine ebene Unterlage von Holz auf und schneidet die vorstehenden Theile dicht am Rande des Rohres mit einem spitzen Messer weg.<sup>2)</sup>

Bei  $L$  stellt man die gefärbte Flamme eines Bunsenbrenners auf oder leitet durch einen Spiegel von  $L$  her Sonnenlicht (je nach der Beschaffenheit des Spectroskops directes, durch Blendgläser geschwächtes oder diffuses) auf das

- 1) Vielleicht ist es zweckmäfsig, eine Vorrichtung zur Correction der Horizontalität anzubringen, doch ist dieselbe bei guter Ausführung des Apparates zu umgehen.
- 2) Der hiesige Mechaniker Hr. Lorenz ist gern bereit, übersandte Spectralapparate mit sorgfältig ausgeführten Scalenvorrichtungen zu versehen. Chemnitz, W.

Prisma  $P$  und justirt das Spectroskop so, daß man in der einen (bei astronomischem Beobachtungsfernrohr oberen) Hälfte des Gesichtsfeldes die Spectrallinien deutlich sieht. Dann schiebt man das Rohr  $GG'$  in sein Tragrohr  $TT'$  so weit hinein, daß die Mitte des Glimmerblattes gerade vor das Spaltrohr zu stehen kommt und läßt durch den Spalt in der Blende  $BB'$  Licht auf die Mitte des Glimmerblattes fallen. Zur Untersuchung des Spectrums der Sonne oder des elektrischen Funkens muß man auch für die Scale sehr weißes Licht anwenden, also Sonnenlicht oder das Licht einer Kohlenlampe. (Bei nur einiger Vorsicht kann es nicht geschehen, daß man die im Sonnenspectrum erscheinenden Fraunhofer'schen Linien mit benachbarten Interferenzstreifen verwechselt.) Für die Untersuchung gefärbter Flammen, von deren Spectren der hellere Theil zwischen die Linien  $B$  und  $H$  fällt, reicht Lampenlicht zum Scalenspectrum aus, am besten das Licht eines Petroleumschlitzbrenners, den man bei  $L'$  so aufstellt, daß die Flamme der Blende  $BB'$  die schmale Seite zuwendet. Man stellt nun den markirten Durchmesser des Rohres  $GG'$ , also die Axenebene des Glimmerblattes, horizontal und bringt es durch geringes Verschieben des Rohres  $GG'$  und Drehen des Säulchens  $M$  dahin, daß die Interferenzstreifen recht scharf und deutlich in der zweiten Hälfte (bei astronomischem Beobachtungsfernrohr unteren) des Gesichtsfeldes erscheinen. Bei dieser zweiten Einstellung hat man nur an dem Glimmerblattträger zu stellen und das vorher eingestellte Fernrohr unverrückt zu lassen. Erscheinen die Interferenzstreifen nicht deutlich und rein, so ist das Glimmerblatt uneben; erscheinen sie nicht ihrer ganzen Ausdehnung nach gleichmäßig, insbesondere in einer gewissen Höhe gabelig in einen anderen Abstand übergehend (wie Fig. 5 Taf. III), so ist es nicht gleichmäßig dick; in beiden Fällen muß es verworfen werden. Wenn der ganze Apparat richtig justirt ist, dürfen sich die Linien und Streifen der beiden Systeme nicht gegeneinander oder gegen das Fadenkreuz seitlich verschieben,

wenn man das Ocularrohr des Beobachtungsfernrohres ein wenig auszieht oder einschiebt.

Der zu den folgenden Versuchen benutzte Apparat hat ein Schwefelkohlenstoffprisma von circa  $48^\circ$  brechenden Winkel mit quadratischen Seitenflächen von  $41^{\text{mm}}$  Seitenlänge. Dasselbe ist aus zwei Steinheil'schen Planparallelgläsern mit Zuhülfenahme dreier Stücke gewöhnlichen Spiegelglases zusammenge kittet. Das Prisma steht auf einem kleinen Tisch, der mittelst eines Schraubenrades langsam um seine verticale Axe gedreht werden kann. Diese Einrichtung war dem Apparate früher gegeben worden, um das Prisma für jede Farbe leicht auf das Minimum der Ablenkung einstellen zu können; sie ist aber auch sehr geeignet, die Interferenzstreifen behufs der Zählung am Fadekreuz vorbeizuführen. Das Spaltrohr hat eine ebenfalls Steinheil'sche Linse von  $34^{\text{mm}}$  Oeffnung und  $325^{\text{mm}}$  Brennweite, der Spalt wurde bei den Beobachtungen etwa  $0^{\text{mm}},03$  weit gestellt. Als Beobachtungsfernrohr diente ein Steinheil'sches Ablesefernrohr (No. 62 des Preiscurantes von 1867), das zugleich zu anderen Beobachtungen dient und dessen grössere Objectivöffnung bei seiner Verwendung am Spectroskop nicht ausgenutzt wird. Die meist benutzte Vergrößerung war 36, nur für die Linien *A* und *a*, und für den Theil des Spectrums von *G* bis *H* wurde die Vergrößerung 16 angewendet. Der Apparat zeigt mehrere Hundert Fraunhofer'sche Linien und läßt beispielsweise die zwischen den beiden Natronlinien liegende Nickellinie 1005,0 Kirchhoff und die Ungleichheit ihres Abstandes von den beiden Natronlinien im Sonnenspectrum noch deutlich erkennen. Die Leistungsfähigkeit des Apparates reicht gerade aus, um die deutlicher sichtbaren Linien mit den entsprechenden Linien der Kirchhoff'schen Zeichnung zu identificiren.

Es ist an und für sich klar, daß die mit verschiedenen Glimmerscalen erhaltenen Resultate unter einander vergleichbar seyn müssen, sobald die Lage des Glimmerblattes gegen den Lichtstrahl die einmal angenommene bleibt, da die Ver-

zögerungszeit und mit ihr die auf einen bestimmten Theil des Spectrums fallende Streifenzahl der Dicke des Glimmerblattes direct proportional ist. Dagegen war durch den Versuch festzustellen, wieweit die Annäherung an die für die Ableitung der Formel (1) angenommene Gleichheit der Verzögerungszeiten verschiedenfarbiger Strahlen geht, inwieweit also eine Berechnung von Schwingungszahlen oder Wellenlängen aus Scalenbeobachtungen zulässig ist.

Die für die folgenden Rechnungen benutzten Werthe der Wellenlängen sind die der oben citirten Listing'schen Abhandlung. Der l. c. für die Linie *D* gegebene Werth gilt jedenfalls für die einfach gesehene Linie und ist deshalb für die Mitte der beiden *D*-Linien genommen. Die Werthe für die beiden einzelnen Linien (590,2 für 1002,8 und 589,8 für 1006,8) konnten daraus unbedenklich durch eine auf Formel (1) basirte Interpolation gewonnen werden, weil selbst eine im allgemeinen sehr beträchtliche Abweichung von der Gleichheit der Verzögerungszeiten bei dem geringen Abstände der beiden Linien keinen merklichen Fehler veranlassen kann.

Man könnte gleichzeitig alle bekannten Werthe von  $\lambda$  in die Rechnung einführen, um eine möglichste Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung zu erzielen<sup>1)</sup>, die Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate erscheint aber hier unzulässig. Die auftretenden Differenzen sind weniger durch Beobachtungsfehler veranlaßt, als durch die Abweichung der der Rechnung zu Grunde liegenden Annahme von der Wirklichkeit, und überdies ist den Werthen der Wellenlänge kaum eine gleichmäßige Sicherheit zuzuschreiben; die an den schwer sichtbaren Enden des Spectrums liegenden Linien sind schwerlich so genau zu messen, als *D*, *E* oder *F* (der Werth von  $\lambda$  für die Linien *a* ist

1) Die in Formel (1) supponirte Proportionalität zwischen der Anzahl der Streifenintervalle und den Differenzen der Schwingungszahlen ist für diesen Zweck bequemer auszudrücken durch  $\lambda(a+s) = b$ , worin  $\lambda$  und  $s$  dieselbe Bedeutung haben, wie oben, und  $a$  und  $b$  aus den Versuchen abzuleitende Constanten sind.

höchst wahrscheinlich merklich unrichtig, siehe später). Wendet man die Quadratmethode an, so corrigirt man die Werthe für  $D$ ,  $E$  und  $F$  zu Gunsten der weniger sicheren Linien, und will man die gewonnenen Werthe benutzen, um aus Scalenbeobachtungen Wellenlängen zu berechnen, so werden gerade die im hellsten Theile des Spectrums liegenden Farben merklich fehlerhaft bestimmt werden.

Es schien für den vorliegenden Zweck vortheilhafter, nur zwei möglichst deutlichste Linien zu Ausgangspunkten der Rechnung zu wählen, und um dieselbe nicht zu nahe beisammen zu nehmen, wurden  $D$  und  $F$  gewählt.

In der folgenden Tabelle giebt die zweite Columnne die Orte der Linien auf der Interferenzstreifenscale; als Nullpunkt wurde die höhere der beiden  $D$ -Linien (1006,8 Kirchhoff) genommen, die gerade auf die Mitte eines Streifens fiel. Die höhere (brechbarere) Seite des Spectrums ist als positiv, die tiefere als negativ bezeichnet. Die dritte Columnne giebt die wirklichen Wellenlängen an, die vierte die aus den Werthen für  $D$  und  $F$  nach Formel (1) berechneten Wellenlängen, die fünfte die Fehler der so erhaltenen Zahlen. Des Vergleichs wegen sind in der sechsten und siebenten Columnne auch die nach der Quadratmethode erhaltenen Zahlen und ihre Fehler gegeben. Ferner enthält die achte Columnne die Orte, welche die Linien einnehmen müßten, wenn das reflectirende Blättchen keine Farbenzerstreuung besäße, die neunte die Differenzen zwischen VIII und II, die zehnte giebt die Orte der Streifen an für ein 0<sup>mm</sup>,0799 dickes Blättchen von Fraunhofer'schem Crown-glas No. 9 und die elfte die Differenzen zwischen X und II.

	Scale	Wellenlängen					Ideeile Scale	VIII—II	Crown- glasscale	X—II	XII
		berechnet aus D und F.		Quadratmethode		Fehler					
		wirkliche	Fehler	V	VI						
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A	{ -73,0 -71,0 -68,0 -57,0 }	761,5	med. 758,9	-2,6	761,2	-0,3	-72,9	-0,9	—	—	0,015
	{ -45,4 -32,65 0,0 }	722,2	med. 717,3	-4,9	719,5	-2,7	-59,3	-1,8	—	—	0,087
	{ 37,9 527,5 68,3 }	687,7	686,1	-1,6	689,5	+1,8	-46,1	-0,7	-46,0	-0,6	0,016
D 1006,8	{ 117,8 118,4 119,35 }	657,0	655,9	-1,0	657,7	+0,7	-38,1	-0,45	-37,3	+0,35	0,015
	{ 157,0 158,6 }	589,6	589,6	0,0	591,0	+1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	—
		527,5	527,7	+0,2	528,8	+1,3	38,0	+0,1	38,2	+0,3	0,005
E		486,7	486,7	0,0	487,6	+0,9	68,3	0,0	68,3	0,0	—
F											
G		431,2	med. 430,6	-0,6	431,0	-0,2	118,7	med. +0,2	122,1	med. +3,6	0,011
H		397,3	med. 395,3	-2,0	395,9	-1,4	156,3	med. -1,5	161,6	med. +3,8	0,022



Für die Linien *A*, *a*, *G* und *H*, welche eine namhafte Breite haben, sind in II die Gränzen angegeben, für *G* außerdem noch der Ort (118,4) eines besonders hervortretenden, schwarzen Streifens (2851,1 bis 2854,7 Kirchhoff). Die benutzten Klammern haben, wie auch in der folgenden Tabelle immer die Bedeutung: »von — bis«. Columnne IX zeigt zunächst, daß die Orte der Spectrallinien auf der Glimmerscale nicht allzuviel abweichen von den Orten, welche sie bei wirklicher Gleichheit der Verzögerungszeiten einnehmen müßten, und die Vergleichung mit XI läßt erkennen, daß die Abweichungen durchschnittlich kleiner sind, als sie bei Anwendung eines Crown Glasblättchens seyn würden.

Die Werthe in V und VII zeigen im Allgemeinen, wie das zu erwarten war, ein stetiges Anwachsen mit der Entfernung von den Fundamentallinien *D* und *F*, nur bei *a* ist eine plötzliche, starke Ausweichung. Da man kaum annehmen kann, daß für das kurze Stück des Spectrums zwischen *A* und *B* die Brechungsexponenten des Glimmers so außerordentlich sind, daß sie diese Unregelmäßigkeit veranlassen, so darf man wohl die Richtigkeit des in Colume III für *a* stehenden Werthes von  $\lambda$  bezweifeln. Sieht man deshalb von der Linie *a* ab, so ergibt sich der größte Fehler der nach Formel (1) berechneten Wellenlängen absolut genommen für *A*, relativ für *H*, wo er 0,0050 des Werthes von  $\lambda$  beträgt, während er bei *A* nur 0,0034 dieses Werthes ist. Bei der Kleinheit dieser Fehler ist vielleicht die Anbringung einer Correctionsrechnung kaum zu empfehlen, um aber eine solche zu versuchen, wurden die Fehler mit den zugehörigen Schwingungszahlen und Wellenlängen verglichen; dabei ergab sich, daß die Fehler einigermaßen proportional sind den Differenzen zwischen den Wellenlängen der zugehörigen Linien und der Wellenlänge der nächsten Fundamentallinie. Columnne XII giebt die Quotienten an, die man erhält, wenn man die Fehler dividirt durch diese Wellenlängendifferenzen. Die Linien *a* und *E* sind dabei außer Acht zu lassen, *a* aus dem schon angegebenen

Grunde und *E*, weil zwischen *D* und *F* die Fehler so klein sind, daß ihre wirkliche Gröfse fast verdeckt wird durch die Ungenauigkeit, welche das Weglassen der zweiten Decimalstelle bedingt. Das Mittel aus den übrigen fünf Werthen der Columnne XII ist 0,016, wovon die Werthe für *A*, *B* und *C* von nicht mehr als 0,001, die für *G* und *H* um nicht mehr als 0,006 abweichen.

Zwischen *D* und *F* können die nach Formel (1) gefundenen Werthe ohne Weiteres benutzt werden. Für die unterhalb *D* und oberhalb *F* gelegenen Theile des Spectrums kann man jede Wellenlänge vergrößern um 0,016 der Differenz zwischen ihr selbst und der Wellenlänge der nächsten Fundamentallinie. Die solchergestalt erhaltenen Werthe sind jedenfalls vom rothen Ende des Spectrums bis etwas über *F* um nicht mehr als ein Fünftel eines Milliontelmillimeters falsch, und auch in dem wenig lichtstarken, violetten Theile wird die Unsicherheit kaum größer seyn, als sie bei directer Bestimmung mittelst eines Gitterspectrums ist.

Will man aber die Benutzung des Glimmerspectrums zur Ermittlung der Wellenlänge als eine blofse Annäherung ganz verwerfen, so wird man doch denselben seine Brauchbarkeit als vergleichbare Scale kaum absprechen können. In dieser Hinsicht möchte ich mir folgenden Vorschlag erlauben.

Als Nullpunkt der Zählung nehme man *D* und zwar, wenn der benutzte Apparat die Linie doppelt zeigt, die höhere Linie 1006,8 Kirchhoff. Den Abstand jeder anderen zu bestimmenden Linie gebe man an, verglichen mit dem Abstand der Linie *F*, indem man letzteren gleich 100 setzt. Unter Abstand ist dabei die Anzahl (*s*) der zwischenliegenden Streifenintervalle verstanden. Die von *D* nach dem höheren Ende des Spectrums liegenden Abstände bezeichne man als positiv, die entgegengesetzt liegenden als negativ.

Die folgende Tabelle giebt die auf der Glimmerscale bestimmten Orte einer Anzahl Fraunhofer'scher Linien.

Es enthält Columnne I die Bezeichnung nach dem großen Kirchhoff'schen Spectralwerke, beziehentlich die Fraunhofer'sche Buchstabenbezeichnung, Columnne II den unmittelbar beobachteten Ort, Columnne III den nach obigem Vorschlag auf  $D\ 1006,8 = 0$ ,  $F = 100$  reducirten Ort, Columnne IV die nach Formel (1) berechnete Schwingungszahl und Col. V die daraus berechnete Wellenlänge, der durch ein + Zeichen die entsprechende Correction beigelegt ist.

Bezeichnung nach Kirch- hoff und Fraunhofer	Interferenzscale 1006,8 = 0		Berechnet	
	Beobachtet	Reducirt $F = 100$	$n = \frac{1}{\lambda}$	$\lambda$
I.	II	III.	IV.	V.
$A$ { 387,5	{ -73,0	{ -106,9	{ 0,00131256	{ 761,9+2,8
{ 406,8	{ -71,0	{ -103,95	{ 132315	{ 755,8+2,7
{ 499,0	{ -58,0	{ -84,9	{ 139142	{ 718,7+2,1
$a$ { 507,4	{ -57,0	{ -83,5	{ 139667	{ 715,9+2,0
$B$ 592,7	-45,4	-66,45	145758	686,1+1,5
$C$ 694,1	-32,65	-47,8	152454	655,9+1,1
711,4	-30,7	-44,95	153478	651,6+1,0
{ 718,7				
{ 720,1	-29,7	-43,5	154003	649,3+1,0
798,5	-20,8	-30,45	158676	630,2+0,6
809,5	-19,7	-28,85	159254	627,9+0,6
863,1	-14,1	-20,65	162195	616,5+0,4
877,0	-12,8	-18,75	162877	614,0+0,4
884,9	-12,1	-17,7	163245	612,6+0,4
894,9	-11,2	-16,4	163718	610,8+0,3
$D$ { 1002,8	- 0,3	- 0,45	169441	590,2
{ 1006,8	0,0	0,0	169599	589,6
1029,3	1,7	2,5	170492	586,5
1096,1	7,1	10,4	173327	576,9
1135,1	10,1	14,8	174903	571,7
1151,1	11,4	16,7	175585	569,5
1174,2	13,2	19,5	176531	566,5
1200,6	15,2	22,25	177581	563,1
1207,3	15,8	23,15	177896	562,1
1217,8	16,4	24,0	178211	561,1
1221,6	16,7	24,45	178369	560,6
1224,7	17,0	24,9	178526	560,1
1231,3	17,4	25,5	178736	559,5
1242,6	18,2	26,65	179156	558,2
1245,6	18,4	26,95	179261	557,8
1280,0	21,0	30,75	180627	553,6
1324,8	24,2	35,45	182307	548,5
1337,0	25,1	36,75	182780	547,1
1343,5	25,6	37,5	183042	546,3

Bezeichnung nach Kirch- hoff und Fraunhofer	Interferenzscale 1006,8 = 0		Berechnet	
	Beobachtet	Reducirt $F = 100$	$\alpha = \frac{1}{\lambda}$	$\lambda$
1351,1	26,2	38,35	0,00183357	545,4
1367,0	27,25	39,9	183909	543,7
1372,6	27,65	40,5	184119	543,1
1380,5	28,2	41,3	184407	542,3
1389,4	28,8	42,15	184723	541,4
1390,9	28,9	42,3	184880	540,9
1397,5	29,35	42,95	185011	540,5
1410,5	30,25	44,3	185484	539,1
1421,5	31,0	45,4	185878	538,0
1450,8	33,05	48,4	186954	534,9
{1462,8				
{1463,3	33,9	49,65	187401	533,6
1466,8	34,2	50,05	187588	533,2
1473,9	34,7	50,8	187821	532,4
1487,7	35,7	52,25	188346	530,9
{1491,2				
{1491,6	35,9	52,55	188451	530,6
1506,3	36,9	54,05	188976	529,2
1508,6	37,0	54,15	189029	529,0
{1515,5				
{1516,5	37,5	54,9	189291	528,3
1519,0	37,65	55,1	189370	528,1
E {1522,7				
{1523,9	37,9	55,5	189491	527,7
{1527,7				
{1528,7	38,15	55,85	189632	527,3
1569,6	40,5	59,3	190867	523,9
1577,2	40,9	49,9	191077	523,3
1601,4	42,15	61,7	191733	521,6
{1622,3				
{1623,4	43,3	63,4	192337	519,9
b 1634,1	43,9	64,3	192652	519,1
1648,8	44,7	65,45	193072	517,9
1655,6	45,0	65,9	193230	517,5
1662,8	45,35	66,4	193413	517,0
{1689,5				
{1691,0	46,75	68,45	194149	515,1
1693,8	47,0	68,8	194280	514,7
{1696,5				
{1697,0	47,15	69,05	194359	514,5
1701,8	47,4	69,4	194490	514,2
1733,6	49,1	71,9	195383	511,8
1737,7	49,3	72,2	195488	511,5
1750,7	49,95	73,15	195829	510,6
1752,8	50,1	73,35	195908	510,4
{1776,5				
{1778,5	51,4	75,25	196590	508,7

Bezeichnung nach Kirch- hoff und Fraunhofer	Interferenzscale 1006,8 = 0		Berechnet	
	Beobachtet	Reducirt F = 100	$n = \frac{1}{\lambda}$	$\lambda$
{1787,7	51,9	76,0	0,00196853	508,0
{1788,7				
{1799,0	52,5	76,9	197168	507,2
{1818,7	53,5	78,35	197693	505,8
{1821,4	53,75	78,7	197824	505,5
{1833,4				
{1834,3	54,2	79,35	198061	504,9
{1841,0				
{1842,2	54,7	80,1	198323	504,2
{1854,9	55,3	80,95	198638	503,4
{1867,1	56,0	82,0	199006	502,5
{1885,8				
{1886,4	56,95	83,4	199505	501,2
{1908,5	58,1	85,05	200109	499,7
{1919,8	{58,7	{85,95	{200424	{498,9
{1923,5	{58,8	{86,05	{200476	{498,8
{1960,8				
{1961,2	60,75	88,95	201500	496,3
{1982,8	{62,2	{91,05	{202262	{494,4
{1985,8	{62,3	{91,2	{202314	{494,3
{1989,5				
{1990,4	62,6	91,65	202472	493,9
{2005,2	63,7	93,25	203049	492,5
{2041,3	65,95	96,55	204231	489,6
{2058,0	67,0	98,1	204782	488,3
{2066,2				
{2067,1	67,6	99,0	205097	487,6
F 2080,0	68,3	100,0	205465	486,7
{2121,9	71,4	104,55	207093	482,9 + 0,1
{2163,7				
{2164,0	74,6	109,2	208773	479,0 + 0,1
{2167,5	74,9	109,65	208931	478,6 + 0,1
{2222,3	78,85	115,45	211005	473,9 + 0,2
{2233,7	79,7	116,7	211451	472,9 + 0,2
{2249,7	80,8	118,3	212029	471,6 + 0,2
{2264,3	81,8	119,75	212554	470,5 + 0,3
{2308,2	{84,3	{124,15	{214130	{467,0 + 0,3
{2310,4	{84,95	{124,4	{214208	{466,8 + 0,3
{2325,3	86,1	126,05	214812	465,5 + 0,3
{2333,0	{86,6	{126,8	{215075	{465,0 + 0,3
{2336,8	{86,8	{127,1	{215180	{464,7 + 0,4
{2346,7				
{2347,3	87,6	128,55	215705	463,6 + 0,4
{2379,0	89,8	131,5	216755	461,4 + 0,4
{2381,6	89,95	131,7	216834	461,2 + 0,4
{2395,8				
{2397,4	90,9	133,1	217333	460,1 + 0,4

Bezeichnung nach Kirch- hoff und Fraunhofer	Interferenzscale 1006,8 = 0		Berechnet	
	Beobachtet	Reducirt F = 100	$n = \frac{1}{\lambda}$	$\lambda$ $\mu$
2406,6	91,7	134,25	0,00217753	559,2 + 0,4
2416,0				
2416,3	92,2	135,0	218015	458,7 + 0,4
2422,3	92,7	135,75	218278	458,1 + 0,5
2435,5	93,6	137,05	218751	457,1 + 0,5
2467,6	95,65	140,05	219827	454,9 + 0,5
2486,6	96,9	141,85	220484	453,5 + 0,5
2500,3	97,9	143,35	221009	452,5 + 0,5
2565,0	102,0	149,35	223162	448,2 + 0,6
2599,7	104,0	152,25	224212	446,0 + 0,7
2606,6	104,6	153,15	224527	445,4 + 0,7
2646,2	107,0	156,65	225787	442,9 + 0,7
2670,0	108,6	159,0	226627	441,3 + 0,7
2686,4	109,6	160,45	227153	440,2 + 0,7
2720,8				
2721,6	111,7	163,55	228255	438,1 + 0,8
2775,7	114,9	168,25	229936	434,9 + 0,8
2795,7				
2796,7	116,0	169,85	230513	433,8 + 0,8
2821,6				
2822,3	117,7	172,35	231406	432,1 + 0,9
2841,4	118,8	173,95	231984	431,1 + 0,9
2854,1				
2854,7	119,5	174,95	232351	430,4 + 0,9
2869,7	120,3	176,15	232771	429,6 + 0,9
—	123,4	180,65	234399	426,6 + 1,0
—	124,6	182,45	235029	425,5 + 1,0
—	125,7	184,05	235607	424,4 + 1,0
—	128,1	187,55	236867	422,2 + 1,0
—	128,2	187,7	236920	422,1 + 1,0
—	137,4	201,3	241804	413,6 + 1,2
—	142,2	208,2	244272	409,4 + 1,2
—	142,4	208,5	244377	409,2 + 1,2
—	145,9	213,6	246215	406,1 + 1,3
—	146,9	215,1	246740	405,3 + 1,3
—	149,0	218,15	247842	403,5 + 1,3
H { —	158,0	231,35	252569	395,9 + 1,5
—	159,5	233,55	253356	394,7 + 1,5

Da die Zahlen der Columnne II nur Zwanzigstel, meist nur Zehntel geben, so sind auch die der Columnne III nicht weiter, als bis auf Zwanzigstel angegeben. Die Zahlen in Columnne IV und V sind natürlich aus den unmittelbar gefundenen Zahlen der Columnne II berechnet. Aufgeführt sind so viel Linien, als mit der Kirchhoff'schen Spectral-

zeichnung verglichen werden mußten, um die Identität derselben feststellen zu können. Da sich nämlich das Aussehen der Liniengruppen mit der größeren oder kleineren Dispersion des Apparates wesentlich ändert, so ist die Aufsuchung einzelner Linien keineswegs leicht und läßt sich zumal von der Mitte des Gelb bis zum Cyan (einschließlich) nur ausführen, wenn man von einer deutlich erkennbaren Linie (z. B.  $\left\{ \begin{smallmatrix} 1462,8 \\ 1463,3 \end{smallmatrix} \right.$ , *E, b*,  $\left\{ \begin{smallmatrix} 1960,8 \\ 1961,2 \end{smallmatrix} \right.$ , *F*) aus in kleinen Abständen fortgehend Linie für Linie vergleicht. Besonders ist bei Apparaten von kleinerer Dispersion nicht leicht zu erkennen, ob die größere Deutlichkeit einer Linie durch etwas größere Breite oder durch stärkere Dunkelheit veranlaßt sey. In Fig. 6 Taf. III sind die Orte der beobachteten Linien eingetragen, bei Linien von besonderer Dunkelheit oder Breite sind auch diese Eigenschaften etwas angedeutet. In der Zeichnung sind außer der Interferenzscale und der Buchstabenbezeichnung noch die Mitten und Grenzen der Farben nach der Listing'schen Scale <sup>1)</sup> und die Hunderte der Kirchhhoff'schen Millimeterscale angegeben.

Diese Zeichnung kann vielleicht dienen, um die Linien, welche man mit gewöhnlichen Spectroskopen, wie sie in Laboratorien üblich sind, wahrnimmt, mit den entsprechenden Linien oder Gruppen zu identificiren; bei directer Vergleichung mit diesem großen Werthe sind kaum mehr, als

- 1) Die meist als gelb bezeichneten Natronlinien fallen nach dieser Scale ins Orange. Dafs sie in der That orange sind, sieht man, wenn man die Stelle der *D*-Linien im Sonnenspectrum oder eine Natronflamme im Tageslichte betrachtet; bei künstlichem Lichte erscheint die Natronflamme durch den Contrast fast schwefelgelb. Wie sehr der Contrast die Farbeindrücke beeinflusst, zeigt sich recht deutlich, wenn man den zwischen einer natronhaltigen Lithionlösung und einer Platinelektrode überspringenden Inductorfunken spectrokopirt. Die orange Linie  $\beta Li$  erscheint fast gelb, wenn sie in einem kleinen Gesichtsfelde mit  $\alpha Li$  dagegen roth, fast purpurn, wenn sie mit  $\alpha Na$  zusammen gesehen wird. Verdunkelt man plötzlich eine Hälfte eines Sonnenspectrum, indem man den Spalt halb verdeckt, so erblickt man an dieser Stelle ein schön complementäres Spectrum.



die mit Buchstaben bezeichneten Linien aufzufinden, wenn der benutzte Apparat nicht wenigstens etliche Hundert Linien zeigt.

Chemnitz, im Juli 1869.

## V. Versuche über Siedverzüge; von G. Krebs.

Dritter Aufsatz.

Nach den neueren Ansichten sind die Ursachen der Dampfkesselexplosionen sehr häufig in Siedverzügen zu suchen, welche durch plötzliche, oder allmähliche Druckverminderung entstanden sind.

Donny<sup>1)</sup> und noch früher Henson<sup>2)</sup> hatten, nachdem es ihnen gelungen, Wasser in geschlossenen Röhren weit über den Punkt zu erhitzen, bei welchem es nach dem Dalton'schen Gesetze hätte sieden müssen, zuerst auf die Möglichkeit von Explosionen in Folge von Siedverzügen hingewiesen; sie hatten die heftigen Wirkungen beobachtet, welche Wasser, wenn es im Zustand eines Siedverzugs in plötzliches Sieden geräth, hervorzubringen im Stande ist.

Dufour<sup>3)</sup> hat durch seine trefflichen Versuche dieser Theorie neue Stützpunkte verliehen. Er hat hauptsächlich die Siedverzüge studirt, welche durch allmähliche Verminderung des Drucks bei gleichbleibender Temperatur entstehen; er vermindert den Druck, welcher auf erhitztem Wasser lastet, mit Hülfe der Luftpumpe, weit unter den Grad, bei welchem es nach dem Dalton'schen Gesetze eigentlich sie-

1) *Sur la cohésion des liquides et sur leur adhérence aux corps solides. Ann. de chim. et de phys. Sér. III, t. XVI, p. 167, ann. 1846.*

2) *Mechanics Magazine Vol. 36, p. 277, ann. 1842.*

3) Ueber das Sieden des Wassers und über eine wahrscheinliche Ursache des Explodirens der Dampfkessel. *Pogg. Ann. Bd. CXXIV, S. 305 (1865).*

den müßte, ohne dafs es aus Sieden geräth und führt nun die Ursachen auf, durch welche solches Wasser in plötzliches explosives Sieden gerathen kann. Diese Ursachen sind nach Dufour's Untersuchungen gleich den meinigen: plötzliche Erschütterung, Einleiten von Gas, plötzliche Druckverminderung, Erhitzung.

Dufour macht in seiner Abhandlung auf einen Ausspruch von Arago <sup>1)</sup> aufmerksam, wonach ein Kessel vorzugsweise dann explodirt, wenn er einige Zeit aufser Betrieb gesetzt worden und wieder in Gang gebracht wird. Nachdem Arago verschiedene Kesselexplosionen beschrieben, fährt er fort: *»Maintenant nous allons entrer dans une série de faits beaucoup moins simples. Plusieurs même, je l'avouerai sans détour, ont une apparence paradoxale qui, au premier abord inspire des doutes: mais les exemples sont nombreux et les autorités irrécusables«.*

Dufour erklärt diese Explosionen; er zeigt, dafs beim ruhigen Stehen eines soeben noch im Betrieb gewesenen Kessels der Dampf im oberen Raum desselben sich allmählig condensire; dafs das Wasser zwar noch eine Zeitlang fortkoche, allmählig aber zur Ruhe komme, trotzdem es bei dem immer geringer werdenden Drucke eigentlich weiter kochen müßte. Auf diese Art erlangt das Wasser oft einen beträchtlichen Siedverzug und wenn nun irgend eine Erschütterung entsteht, wenn ein Wagen vorbeifährt, oder der Kessel wieder in Betrieb gesetzt wird, so fängt das Wasser plötzlich mit seinem Ueberschufs an Hitze über dem herrschenden Dampfdruck explosiv zu sieden an. Uebrigens scheint es nach den von mir angestellten Versuchen, als ob ein anderer Umstand nicht minder wirksam sey, nämlich *Erhitzung*. Wenn, nachdem ein Kessel in Ruhe gestanden und ein beträchtlicher Siedverzug sich gebildet hat, das Feuer wieder angefacht wird, so entsteht durch die an den Kessel schlagende Flamme noch sicherer eine Explosion, als durch Erschütterung.

1) *Sur les explosions des machines à vapeurs. Annuaire pour l'an 1830; p. 145.*

Dafs in der That durch ruhiges Stehenlassen eines Kessels Siedverzüge oft von beträchtlicher Gröfse entstehen können, geht unzweifelhaft aus den Versuchen hervor, welche der Verf. dieses Aufsatzes mit Hülfe eines Apparates angestellt, den er bereits in einer früheren Abhandlung beschrieben <sup>1)</sup>. Zwei Kochflaschen *A* und *B* (Fig. 7 Taf. II) sind durch eine Glasröhre verbunden, welche am unteren Ende des Gummistopfens in *A* beginnend bis beinahe auf den Boden der Kochflasche *B* reicht. Von *B* aus pafst eine zweite Röhre, welche vertical abwärts gebogen und etwa 3 Fufs lang ist.

Da Siedverzüge vorzüglich nur in reinen, blasen- und knotenfreien böhmischen Gläsern und in reinem Wasser, in dem keine fremden Körper schwimmen, entstehen, wie schon Marcet <sup>2)</sup> bemerkt hat, so mufs hierauf bei der Wahl der Kochflasche *A* und des einzufüllenden Wassers besondere Rücksicht genommen werden. Da ferner eine gröfsere Quantität Wasser selbstverständlich bessere Effecte giebt, als eine geringere, so wird man die Kochflasche *A* nicht unter 1 Litre Gehalt wählen. Sie wird mit verdünnter Schwefelsäure ausgespült und mit destillirtem, oder mit Brunnenwasser gefüllt. Das destillirte Wasser eignet sich zu Siedverzügen bekanntlich am Besten, namentlich wenn ihm einige Tropfen Schwefelsäure zugesetzt worden sind; nur mufs man darauf gefafst seyn, dafs wenn es sehr oft ausgekocht worden und die Kochflasche vorzüglich ist, die stärkste plötzliche Druckverminderung mitunter kein Aufkochen mehr hervorbringt, selbst wenn das Wasser noch über 80° Wärme hätte.

Was nun die Kochflasche *B* betrifft, so wird man sie auch nicht unter  $\frac{3}{4}$  bis 1 Litre Gehalt wählen, denn soll sie (durch Aufgiefsen von Eiswasser) zu einem leeren Raume

1) Versuche über Siedverzüge. Zweiter Aufsatz. Pogg. Ann. Bd. CXXXVI S. 144 (1869).

2) *Recherches sur certaines circonstances qui influent sur la température de l'ébullition des liquides.* Bibl. univ. t. XXXVIII, p. 388, ann. 1842.

werden, so ist es offenbar vortheilhaft, wenn dieser möglichst groß ist. Nimmt man freilich *B* zu groß, so kann das Eis nicht rasch genug durchwirken.

Kocht man das Wasser in *A* bis der Dampf am Ende der Röhre *R* hervorkommt, stellt dann ein Gefäß *F* mit ausgekochtem Quecksilber unter und entfernt die Flamme unter *A*, so condensirt sich der Dampf in dem Apparat und das Wasser in *A* kocht noch einige Zeit fort. Aber es tritt nicht selten ein, daß das Wasser in *A* bereits zu kochen aufhört, wenn es noch über 80° Wärme hat, trotzdem daß sich der Dampfdruck unaufhörlich vermindert und das Quecksilber in *R* über 20" steigt. Man kann nun das Wasser in *A* dadurch in heftiges Sieden bringen, daß man in die Schale *G*, in welcher die Kochflasche *B* steht, plötzlich Eiswasser gießt.

*Aber auch ohne dies kann von selbst ein so heftiges Aufkochen eintreten, daß der Apparat zertrümmert wird, wie ich wiederholt beobachtet habe.*

Ehe ich indessen diese Vorfälle genauer beschreibe, will ich noch über den schon in meinem zweiten Aufsatze angegebenen Versuch, durch plötzliches Zugießen von Eis in *G* eine Explosion hervorzurufen, einige Bemerkungen machen.

Vor Allem muß ich zu dem früher Mitgetheilten ergänzend hinzufügen, daß eine wirkliche Explosion, welche ein Zertrümmern des Apparates im Gefolge hat, viel leichter im hohen Sommer als im Winter eintritt. Ein heftiges Aufkochen freilich tritt immer ein, es sey denn, daß die Kochflasche *A* stark angesäuertes destillirtes Wasser enthält, das schon öfter ausgekocht worden. Nimmt man aber Brunnenwasser, das höchstens zweimal gekocht worden, so hat man ein Ruhigbleiben des Wasser in *A* bei so starker Druckverminderung nicht zu befürchten.

Daß eine wirkliche Explosion im Sommer viel leichter beim Zugießen von Eis eintritt als im Winter, ist leicht erklärlich. Bei sehr hoher äußerer Temperatur, wenn gar die Sonne direct auf den Apparat scheint, kühlt sich der Dampf in dem Apparat nur langsam ab; die Spannkraft des

Dampfes bleibt höher und verhindert das lange Nachkochen des Wassers in *A*. Bei allmählicher Condensation kommt das Wasser leichter aus dem Kochen und ist es einmal für kurze Zeit ruhig geworden, so bleibt es oft in diesem Zustand, trotzdem daß der Druck beständig abnimmt. Ich habe Wasser schon nahe an  $90^{\circ}$  C. zur Ruhe kommen sehen. Hat nun der Dampf, wie dies im Sommer der Fall ist, noch eine ziemlich hohe Spannkraft, nachdem das Wasser in *A* zur Ruhe gekommen, und gießt man Eis in *G*, so wird eine bedeutende Druckverminderung hervorgerufen und da außerdem das Wasser noch sehr heiß ist, so erfolgt leicht eine Explosion.

Anders ist es im Winier: der Dampf condensirt sich rascher, das Wasser kocht länger nach und kommt gewöhnlich erst zwischen  $75^{\circ}$  und  $65^{\circ}$  C. zur Ruhe. Beim Eingießen von Eis wird eine geringere Druckverminderung erzeugt; außerdem ist das Wasser nicht mehr sehr heiß, es entsteht zwar noch ein heftiges Aufkochen, aber seltener eine Explosion. Um mich genauer hievon zu überzeugen, habe ich den Versuch im verflossenen Januar und Februar öfter in einem ungeheizten Zimmer angestellt und keine Explosion mehr zu Wege gebracht.

Doch ist es möglich, die Wahrscheinlichkeit einer wirklichen Explosion auch im Winter zu erhöhen, wenn man, nachdem der Apparat der Abkühlung überlassen worden, die Kochflasche *B* gelinde erhitzt. Obwohl ich nun auf diese Art wiederholt Explosionen hervorgerufen habe, so kann ich doch nicht behaupten, daß man auf das Gelingen des Versuchs mit einiger Sicherheit rechnen könne.

Auch noch auf eine andere, freilich etwas complicirte Art kann man das rasche Condensiren des Dampfes bei geringerer äußerer Temperatur verhüten und recht gute Erfolge erzielen. Den betreffenden Apparat zeigt Fig. 8 Taf. III. Die Kochflasche *B* ist hier verkehrt, mit dem Hals nach unten gestellt. Ein cylindrisches Blechgefäß *M*, mit einem ringförmigen Mantel von 3 Centim. Weite umgeben, verengt sich nach unten; über diese Verengung wird ein kur-

zer Gummischlauch gezogen; sprengt man nun den Rand am Halse der Kochflasche *B* ab, so kann man ihn durch den Gummischlauch stecken, so daß sich die Kochflasche ganz innerhalb des Blechgefäßes *M* befindet. Dasselbe hat drei Füße, welche auf einem verschiebbaren Gestell aufstehen.

Mit der verkehrten Stellung der Kochflasche *B* hatte ich eine besondere Absicht verbunden. Steht die Kochflasche wie in Fig. 7, so sammelt sich Wasser in derselben an und dieses kommt, wenn Eis aufgegossen wird, ins Sieden, wodurch offenbar dem Entstehen einer Explosion entgegenge wirkt wird. Bei der umgekehrten Stellung aber kann das Wasser abfließen; es sammelt sich in der Kochflasche *C*.

Sobald das Wasser in *A* kocht und der Dampf durch die Röhre *R* entweicht, wird das Quecksilbergefäß *D* untergestellt und die Lampe unter *A* entfernt. Zugleich wird kochendes Wasser in den ringförmigen Mantel des Blechgefäßes *M* gegossen und dadurch die Condensation in *B* verzögert. Vortheilhaft ist es das Blechgefäß mit einem Deckel zu bedecken. Hat schliesslich das Kochen in *A* schon einige Minuten aufgehört, was natürlich rascher eintritt, als ohne Erwärmung der Kochflasche *B*, so wird der Deckel abgenommen und Eiswasser auf *B* gegossen — es erfolgt entweder blos ein heftiges Sieden, oder und zwar ziemlich häufig, eine Explosion, bei welcher *B* zertrümmert wird. Es ist auch schon vorgekommen, daß das Wasser in *B* zuerst blos heftig aufkochte und dann erst in explosives Sieden gerieth.

Ich will nunmehr die Fälle beschreiben, wo eine Explosion von selbst erfolgte. Bei allen Versuchen war Brunnenwasser, mit einigen Tropfen Schwefelsäure zersetzt, angewandt und bei den drei ersten Versuchen der Apparat Fig. 7 Taf. III benutzt worden.

1) Die Kochflasche *A* hielt  $\frac{3}{4}$  Litre und ebenso die Kochflasche *B*. Nachdem der Apparat einige Zeit der Abkühlung überlassen worden war, kochte das Wasser in *A* nur noch in Intervallen zischend auf und plötzlich sprang die

Kochflasche *B* in Stücke. Das Wasser in *A* hatte kurz vorher noch 74° C. gezeigt.

2) Die Kochflasche *A* hielt 2 Liter, *B*  $\frac{3}{4}$  Litre. Nachdem die Temperatur des Wassers in *A* auf 81° C. gesunken war, wobei es ebenfalls in Intervallen zischend aufkochte, sprang die etwas dünnwandige Kochflasche *A*.

3) Die Kochflasche *A* hielt  $\frac{3}{4}$  Litre, ebenso *B*. Das Wasser war noch lebhaft im Nachkochen begriffen, als *A* plötzlich sprang. Die Temperatur ist nicht beobachtet worden.

Bei den folgenden Versuchen hatte ich einen etwas anders construirten Apparat (Fig. 9 Taf. III) angewandt. Die Kochflasche *B* stand verkehrt (mit dem Hals nach unten) und war durch ein Messingrohr *r* mit einem überall geschlossenen cylindrischen Blechgefäß *C* in Verbindung. Außerdem war *C* von einem konischen Blechmantel *M* umgeben. Im Rohre *r* war ein Hahn *m*; ferner war an dem Blechgefäß *C* unten am Boden ein Rohr mit einem Hahn *n* angebracht und ebenso am Mantel *M* ein Rohr mit einem Hahn *s*. Das cylindrische Blechgefäß *C* hatte 18 Centim. Höhe und 9 Centim. Durchmesser. Mit Hülfe dieses Apparates war es möglich, zunächst in *C* einen vollkommen leeren Raum herzustellen und dann durch Oeffnung des Hahnes *m* eine starke Druckverminderung in *A* und *B* hervorzubringen. Zu dem Zweck wurde das Wasser in *A* durch mehrere Gasbrenner zum Sieden gebracht, während die Hähne *m* und *n* offen waren. Wenn nun der Dampf reichlich aus der Röhre des Blechcylinders entströmte, wurde *n* geschlossen und das Feuer unter *A* entfernt. Hatte nach längerer Zeit das Nachkochen in *A* aufgehört, so wurde *m* geschlossen und Eiswasser in den Mantel bei geschlossenem Hahn *s* gegossen. Wenn man annehmen konnte, daß der Dampf in *C* vollständig condensirt war, wurde *m* geöffnet. Indessen glaube ich behaupten zu können, daß die Erfolge nicht schlechter waren, wenn man *m* offen ließ und Eiswasser in *M* goß; ja es scheint sogar, als ob eine mehr all-



mäßige Abkühlung dem Entstehen einer Explosion günstiger sey.

Einerlei nun, ob man den Versuch auf die eine, oder die andere Art anstellte: es entstand meist ein heftiges Aufkochen in *A*, seltener eine Explosion und im letzteren Fall sprang gewöhnlich die Kochflasche *A*, nur zweimal die Kochflasche *B*. Mehrmals konnte ein Sprengen von *A* schon durch Eingießen von kaltem Brunnenwasser in *M* hervorgerufen werden.

4) Den eben beschriebenen Apparat hatte ich einmal vor dem Beginn des Unterrichts in Gang gesetzt, gehofft noch soviel Zeit zu haben, um einen Versuch machen zu können. (Die Kohlf flasche *A* hielt 2 Litre, *B*  $\frac{3}{4}$  Litre.) Als aber der Unterricht begann, war ich erst so weit, daß das Wasser in *A* ins Kochen gekommen war. Ich schloß nun den Hahn *n* und überließ den Apparat sich selbst. Nach einer guten halben Stunde — ich dachte gar nicht mehr an den Apparat — sprang plötzlich unter heftigem Knall die Kochflasche *B* in Splitter. Das Wasser in *A* hatte nach der Explosion noch  $56^{\circ}$  C.

5) Statt der Kochflasche *B* war ein dünnwandiges Kölbchen, aus einem sehr weiten Reagensglas gefertigt, eingesetzt worden. Die Kochflasche *A* hielt 3 Litre und auf das Wasser in *A* war eine linienhohe Schicht Olivenöl gegossen worden. Nachdem der Apparat der Abkühlung überlassen worden, kochte das Wasser in *A* in Intervallen sehr stürmisch auf und plötzlich sprang die Kochflasche *A*.

Ich führe nun noch einige Versuche auf, welche ebenfalls nicht uninteressant seyn dürften.

6) Der Apparat war gerade so, wie in 5, nur daß auf das Wasser kein Oel gegossen war. Während das Wasser in *A* noch lebhaft nachkochte, wurde (bei offenem Hahn *m*) auf den Deckel des Metallcylinders *M* ein Stück Eis gelegt; kurz darauf entstand ein zischendes Kochen, das Kölbchen wurde durchgeblasen.

7) Zu dem nun folgenden Versuch war wieder der Apparat Fig. 7 verwandt worden. *A* und *B* hatten  $\frac{3}{4}$  Litre

Gehalt. Die Kochflasche *B* war während des Nachkochens des Wassers in *A* gelinde erhitzt worden. Nachdem das Wasser in *A* bei 82° C. zu kochen aufgehört, wurde *B* in einem hohen irdenen Topf gestellt und Eiswasser aufgegos- sen, *B* sprang, wie öfter bei dieser Verfahrensart, in feine Splitter. Als ich nun aber sogleich danach denselben Ver- such wiederholen wollte, mißlang derselbe; das Wasser in *A* kam bloß in stürmisches Sieden; ebenso das wenige Wasser in *B*. Ich nahm nun den Topf mit dem Eiswasser weg, das Wasser in *A* hörte auf zu sieden, aber in *B* kochte es noch länger fort. Während ich nun mit Jemand, der bei den Versuchen zugegen war, über die Launenhaftigkeit des Wassers sprach, beruhigte sich schliesslich das Wasser in *B* und plötzlich erfolgte ein heftiger Knall — *B* sprang in Stücke.

8) Ein anderes Mal, als ebenfalls beim Aufgießen von Eiswasser keine Explosion, sondern nur ein heftiges Sieden erfolgt war, wurde der Topf mit dem Eiswasser entfernt; das Wasser in *B* kochte heftig; abermals in das Eiswasser gestellt, erfolgte eine so heftige Explosion, daß ein Stück aus dem Topf herausgeschlagen wurde.

9) Nachdem Eiswasser aufgegossen und keine Explosion erfolgt war, sondern nur ein heftiges Kochen, wurde rasch eine Gaslampe unter *A* gestellt; die Explosion, welche als- bald eintrat, war so heftig, daß der Topf in Stücke sprang.

10) Auch noch auf folgende Art kann man Explosionen mit Hülfe des Apparates Fig. 7 Taf. III erzielen: Nachdem man den Apparat der Abkühlung überlassen und das Was- ser in *B* zu kochen aufgehört hat, legt man in die Schale *G* nach und nach einige Eisstücke. Dabei können nun drei Fälle eintreten 1) es entsteht ein stürmisches Kochen; 2) es ent- steht eine Explosion; 3) das Wasser in *A* bleibt ruhig. Stellt man im letzteren Fall, nachdem das Quecksilber in der Röhre *R* fast bis 28" gestiegen, eine Gaslampe unter *A*, so erfolgt nicht selten eine Explosion, bei der gewöhnlich *A* springt.

11) Man nimmt als Kochflasche *B* eine sehr reine, bla-

senfreie, spült sie mit angesäuertem Wasser aus und gießt ein Paar Tropfen Schwefelsäure ein. Setzt man nun den Apparat zusammen und kocht das Wasser in *A* so lange, bis sich eine mehrere linienhohe Wasserschicht in *B* angesammelt hat, *welche nun in hohem Grade luftfrei ist*, so kann man, wenn auch nicht mit Sicherheit, eine Explosion auf folgende Art hervorrufen. Nachdem sich das Wasser in *A* so weit abgekühlt, dafs es zur Ruhe gekommen, erhitzt man *B*, indem man mit der Gaslampe unter ihr hin- und herfährt. Das Wasser in *B* kocht, vornehmlich an der Oberfläche, und das Quecksilber fällt. Steht es nur noch etwa 5", so läfst man erkalten, bis es wieder nahe an 20° steht. Stellt man nun eine Gaslampe unter *B*, so explodirt dieselbe mitunter und zwar ziemlich heftig.

Ich will nun noch die Bemerkung hinzufügen, dafs heftiges Aufkochen und explosives Sieden zwei sehr deutlich von einander verschiedene Dinge sind. Selbst das dünnwändigste Kölbchen springt nicht, wenn das Wasser in dicken Blasen aufkocht und noch so gewaltige Wellen schlägt. Das explosive Sieden dagegen erfolgt äufserlich viel ruhiger und so schnell, dafs man es kaum beobachten kann. Ich gestehe, in mindestens in der Hälfte der Fälle, wo Explosionen eintraten, nur ein Zischen gehört zu haben; in den andern bemerkte ich meist nur eine eigenthümliche Trübung des Wassers und ein Aufspringen eines Wasserstrahles in der Mitte; es kocht eben plötzlich durch die ganze Masse; jedes Wassertröpfchen geht theilweise in Dampf über und die Explosion ist erfolgt, ehe man noch Zeit gehabt hat, das Detail der Sache zu übersehen.

Durch diese Versuche, namentlich durch die fünf ersten, dürfte festgestellt seyn, dafs durch allmähliche Druckverminderung, wie sie ja beim Abkühlen der Dampfkessel, wenn sie zeitweilig in Ruhe gestellt werden, stattfindet, leicht hohe Siedverzögerungen und in Folge dessen Explosionen und zwar ohne alle weitere Zuthat entstehen können.

# VI. Mineralogische Mittheilungen; von G. vom Rath in Bonn.

(Fortsetzung VIII.)<sup>1)</sup>

Hierzu Taf. IV.

## 35. Ueber die Zwillingbildungen des Anorthits vom Vesuv.

Die gewöhnliche und allbekannte Zwillingsverwachsung des Anorthits geschieht in der Weise, daß die Normale zur Längsfläche  $M$  ( $g^1$ ,  $\propto P\infty$ ) Drehungsaxe und die Fläche  $M$  selbst Ebene der Verwachsung ist. Nach diesem Gesetze sind bekanntlich auch die häufigsten Zwillinge des Albits und der andern triklinen Feldspath-Species gebildet.

Ein zweites Zwillingsgesetz des Anorthits, gemäß welchem Axe  $b$  oder die Makrodiagonale (oder die Axe der Zone  $P:x:y$ ) Drehungsaxe ist, wird auf Scacchi's Autorität angegeben; s. Des Cloizeaux, *Manuel de Minéralogie*, p. 296.

Die Kenntniss eines dritten Gesetzes verdanken wir Dr. Strüver (*Su una nuova legge di geminazione della Anortite, Atti d. R. accad. d. sc. Torino*, 1868): Drehungsaxe ist die Vertikalaxe oder die Kante des rhomboëdischen Prismas  $Tl$ ; Verwachsungsebene die Fläche  $M$ . Diese Verbindungsweise findet sich auch bei den andern triklinen Feldspathen häufig und zwar, wie hinlänglich bekannt, zusammen mit dem ersten Gesetze. Es entspricht diese Verwachsung dem sogenannten Carlsbader Zwillingsgesetz des eigentlichen Feldspaths.

Das zweite der eben genannten Gesetze wird zunächst Gegenstand dieser Mittheilung bilden. Es ist leicht ersichtlich, daß die Angabe und Formulirung desselben bei Des Cloizeaux die Wiederholung einer Bemerkung Scacchi's ist; und ebenso unzweifelhaft, daß solche Zwillinge beim Anorthit nicht häufig sind, da sie von keinem andern Mine-

<sup>1)</sup> S. diese Ann. Bd. CXXXVI, S. 405.

Poggendorf's Annal. Bd. CXXXVIII.

ralogen bisher scheinen beobachtet worden zu seyn. Es muß hier sogleich noch eine andere Erwägung in Betracht kommen. Der Ausdruck des Gesetzes, wie ihn Des Cloizeaux nach Scacchi giebt, entspricht genau demjenigen, nach welchem man früher, zufolge Mohs, die sogenannten Periklin-Zwillinge des Albits gebildet glaubte. In der That formulirt Des Cloizeaux das Gesetz der Verwachsung des Periklins »*plan d'assemblage parallèle à  $p(P)$  et axe de révolution parallèle à l'axe de la zone  $pa'a^1(Pxy)$* «, und auch Strüver sagt, daß die von Scacchi angegebenen, höchst seltenen Anorthit-Zwillinge den so häufigen Periklin-Zwillingen des Albits entsprächen. Indefs hatte schon Kayser (Ueber einen Cyklus von zwölf Zwillingsgesetzen, nach welchen die Krystalle der ein- und eingliedrigen Feldspathgattungen verwachsen, diese Ann. Bd. 34, S. 109 bis 129 und 301 bis 319) gezeigt, daß die frühere Fassung des Periklingesetzes irrig, und daß sie für die weitaus größte Mehrzahl dieser Zwillinge lauten müsse »Zwillingaxe ist nicht die lange Diagonale der Fläche  $P$ , sondern diejenige Gerade in der Fläche  $P$ , welche senkrecht steht auf der kurzen Diagonale« (S. 117). Neben diesem Gesetz hielt Kayser zwar auch die Existenz des früheren von Mohs aufgestellten Gesetzes »Drehungsaxe die lange Diagonale von  $P$ « noch aufrecht, doch nur mit Rücksicht auf eine einzige Zwillinggruppe des Berliner Mineralien-Cabinets; und auch von dieser sagt er (S. 302): »ich war lange zweifelhaft, ob nicht auch diese Gruppe nach dem gewöhnlichen Gesetze des Periklins gebildet sey«. Eine erneute Untersuchung der in Rede stehenden Zwillinge führte G. Rose aus in der Abhandlung »Ueber die regelmässigen Verwachsungen, die bei den Periklin genannten Abänderungen des Albits vorkommen« (diese Ann. Bd. 129, S. 1 bis 15) — mit dem Ergebnisse, daß überhaupt keine Zwillinge des Albits nach dem von Mohs formulirten Gesetze »Drehungsaxe die Makrodiagonale von  $P$ « vorkämen. Mit Bezug auf die von Kayser an jener Zwillinggruppe beobachtete Nichtparallelität der Zwillingsskante  $M:M$  und der Kante  $M:P$  (welche ge-

rade den Beweis für das alte Mohs'sche Gesetz bilden sollte) sagt G. Rose S. 5 »Untersucht man die Sache näher, so sieht man, daß durch die abweichende Richtung der Zwillingskante gar kein neues Zwillingsgesetz bezeichnet wird und dieselbe theils durch Streifung der Fläche *M* bei hinzutretender Krümmung, besonders aber durch den Umstand hervorgebracht wird, daß die Zusammensetzungsfläche nur in den selteneren Fällen eine gerade Ebene ist, gewöhnlich eine davon abweichende krumme Fläche« (S. 5).

Aus dem Mitgetheilten geht hervor, daß entweder das auf Scacchi's Autorität von Des Cloizeaux (und Strüver) aufgestellte, oben als zweites angegebene Zwillingsgesetz des Anorthits unrichtig ist (und dasselbe vielmehr lauten müsse: Drehungsaxe die Normale zur kurzen Diagonale), oder — wenn das Zwillingsgesetz in der Natur begründet ist — jene behauptete Analogie in dieser Hinsicht zwischen Albit (Periklin) und Anorthit nicht besteht. Ferner leuchtet ein, daß wenn wirklich bei dem Anorthit eine Zwillingungsverwachsung, bei welcher die Makrodiagonale von *P* Drehungsaxe ist, stattfindet, es bei den nahen Beziehungen der triklinen Feldspathspecies unter einander nicht ganz unwahrscheinlich ist, daß auch bei dem Albit dieselbe Verbindungsweise vorkommen könne.

Jene Frage für den Anorthit zu entscheiden, und dadurch zugleich einen Beitrag zur Kenntniss der Zwillingbildungen trikliner Feldspathe zu geben, bot sich mir Gelegenheit bei dem Studium einer großen Sammlung vesuvischer Auswürflinge, welche Hr. Dr. Krantz bei seinem letzten Aufenthalte in Neapel (März 1869) erworben hatte. Ein Auswürfling, welcher aus dem gewöhnlichen Muttergestein des Anorthits, einem Aggregat von grünem Augit und Glimmer besteht, zeigte mehrere bis 8<sup>mm</sup> große Zwilling-Krystalle von Anorthit, deren Ausbildung die Fig. 4 Taf. IV wiedergibt. Die an den Krystallen auftretenden und gezeichneten Flächen sind folgende:

$$\begin{aligned}
T &= (a : b' : \infty c); \infty' P & y &= (\tfrac{1}{2} a' : c' : \infty b); 2, \bar{P}, \infty \\
l &= (a : b : \infty c); \infty P' & t &= (\tfrac{1}{2} a : c : \infty b); 2, \bar{P}', \infty \\
z &= (a : \tfrac{1}{2} b' : \infty c); \infty' \bar{P} 3 & n &= (\tfrac{1}{2} b' : c : \infty a); 2, \bar{P} \infty \\
f &= (a : \tfrac{1}{2} b : \infty c); \infty \bar{P}' 3 & o &= (a' : b' : c); P, \\
M &= (b : \infty a : \infty c); \infty \bar{P} \infty & u &= (\tfrac{1}{2} a' : \tfrac{1}{2} b' : c); 2 P, \\
P &= (c : \infty a : \infty b); o P.
\end{aligned}$$

Die Zwillinge sind charakterisirt durch einspringende Kanten, zu welchen rechts wie links die  $M$ -Flächen der Individuen zusammenstoßen, sowie durch die Nichtparallelität dieser Zwillingkantens mit den Kanten  $M:P$  oder  $\bar{M}:P$ , während die Flächen  $P$  und  $\bar{P}$  oben wie unten in dieselben parallelen Ebenen fallen. Daraus folgt, daß der vorliegenden Verwachsung das Gesetz zu Grunde liegt »Drehungsaxe ist die lange Diagonale der Basis  $P$  oder die makrodiagonale Krystallaxe  $b$ «. Die Individuen haben sich dabei vollständig durchkreuzt, so daß dasjenige, welches rechts oben liegt, zugleich die linke Hälfte des unteren Endes bildet und umgekehrt. Es liegt demnach hier für den Anorthit diejenige Verwachsung vor, welche G. Rose für den Albit durchaus in Abrede stellt.

Versuchen wir jetzt die Bildung des in Fig. 4 dargestellten Zwillinges vollkommen zu verstehen und uns namentlich über den Verlauf der Zwillingsgrenzen Rechenschaft zu geben.

Man erhält einen einfachen Zwilling unserer Art in der Weise, daß man zunächst zweien Anorthit-Individuen eine gleiche Stellung giebt, dann das eine  $180^\circ$  um seine makrodiagonale Axe dreht, endlich beide Individuen mit ihren Basen  $P$  so an einander fügt, daß jene makrodiagonalen Linien zusammenfallen. Um indefs die Stellung beider Krystalle noch deutlicher zu machen, werden die Figuren 1 bis 3 dienen.

Fig. 1 zeigt einen Anorthit in normaler Stellung, d. h. das eingeschriebene Axenkreuz steht so, daß der von lauter stumpfen ebenen Winkeln umschlossene Oktant rechts oben

liegt  
dar.  
nate  
auch  
neig  
rech  
a un  
Die  
(we  
sung  
teria  
den  
und  
die 2  
Norm  
(Ebe  
samm  
ner  
duun  
geste  
der E  
ein R  
dreht  
nicht  
Kante  
einer  
Denk  
(etwa  
Buch  
so er  
Buch  
ben h  
beide  
Wähl  
über  
rechts  
türlich



liegt. Fig. 2 stellt denselben Krystall in anderer Stellung dar. Während nämlich in beiden Figuren die makrodiagonalen Ebenen (die Ebenen der Axen  $b$  und  $c$ ) parallel sind, auch die Richtung der Verticalaxen  $c$  beiden gemeinsam ist, neigt sich Axe  $b$  in Fig. 2 links hinab, nicht wie bei Fig. 1 rechts hinab. Demnach liegt der scharfe Winkel der Axen  $a$  und  $b$  vorne zur Rechten, während bei Fig. 1 zur Linken. Die Axen  $b$  beider Individuen bilden den Winkel  $6^{\circ} 26' 44''$  (wenn wir die von Kokscharow aus Marignac's Messungen berechneten Axenelemente zu Grunde legen, s. Materialien z. Min. Rußlands Bd. IV, S. 200), und die Axen  $a$  den Winkel  $5^{\circ} 12' 57''$ . Man vergleiche die in die Figg. 1 und 2 eingezeichneten Axen. Um beide Krystalle nun in die Zwillingstellung zu bringen, müssen wir sie um eine Normale auf der, beiden gemeinsamen Makrodiagonalebene (Ebene der Axen  $bc$ ) so viel drehen, daß die Axen  $b$  zusammenfallen. Stellen wir dann das Individuum 2 mit seiner untern  $P$ -Fläche auf die obere  $P$ -Fläche des Individuum 1, so ist der Zwilling, wie er in Fig. 3 erscheint, hergestellt. Untersuchen wir zunächst die gegenseitige Lage der Basen, der Verwachsungsebenen beider Individuen. Wie ein Rhomboid, welches um eine seiner Diagonalen  $180^{\circ}$  gedreht wird, eine Figur liefert, welche mit der ursprünglichen nicht zur Deckung gebracht werden kann, so fällt auch keine Kante der rhomboëdischen Basis des einen Individuum mit einer Kante des andern zusammen, wie Fig. 5 deutlich zeigt. Denken wir uns die eine der beiden zehneckigen Basen (etwa diejenige, auf welche sich die nicht unterstrichenen Buchstaben beziehen) um die Linie der Axe  $b$   $180^{\circ}$  gedreht, so erhalten wir das andere Zehneck mit unterstrichenen Buchstaben. Die außerhalb der Fig. 5 stehenden Buchstaben beziehen sich auf diejenigen Kanten, welche über den, beiden Individuen gemeinsamen Theil der Basen hervorragen. Während also die Basis des obern Individuum vorne rechts über die Basis des unteren hervortritt, zieht sie sich hinten rechts zurück. Auf der linken Seite ist das Verhalten natürlich entgegengesetzt. Es bilden nun die Axen  $c$  den

Winkel  $6^{\circ} 26' 44''$  (wie oben die Axen  $b$ ), indess die Axen  $a$  sich unter  $2^{\circ} 23' 20''$  schneiden. Beide Winkel sind gleich der doppelten Abweichung (von  $90^{\circ}$ ) des Axenwinkels zwischen  $b$  und  $c$ , resp. zwischen  $a$  und  $b$ .

Mit Ausnahme der Kanten  $P:t$  und  $P:y$ , Fig. 3 gehen die Kanten des einen Individuum nicht parallel mit den entsprechenden Kanten des anderen. Die Vergleichung unserer Figg. 3 und 5 mit den Figg. 2 und 3 der zu G. Rose's Abhandlung gehörigen Tafel I (Bd. 129), sowie mit der Fig. 4 der zum Kayser'schen Aufsatz gehörigen Tafel (Bd. 34) lehrt sogleich den wesentlichen Unterschied zwischen unserem Anorthit-Zwilling und dem sogenannten Periklin-Zwilling des Albits erkennen. Bei letzterem laufen die Axen  $a$  parallel, demnach auch die Kanten  $P:M$  und  $\underline{P}:\underline{M}$  unter einander und mit der Zwillingkante  $M:M$ . Während ferner die Flächen  $P$  und  $\underline{P}$  parallel, sind die Kanten  $P:x$  und  $\underline{P}:\underline{x}$  etc. nicht parallel und ebensowenig die Flächen  $x$  und  $\underline{x}$ ,  $y$  und  $\underline{y}$ .

Wir gehen nun zur Erklärung der schief laufenden Zwillingkante s. Fig. 4 fort, in welcher sich die Flächen  $\underline{M}\underline{M}$  begegnen. Diese schiefe Kante entsteht durch Fortwachsung der Flächen  $M$  oder  $\underline{M}$  an denjenigen Stellen, wo an der Verbindungsebene das eine Individuum über das andere hervorragt. Wir lernen hier eine neue Art von Zwillingkanten kennen, welche wir »Ueberwachungskanten« nennen wollen. Dieselben können sich nur in jenen seltenen Fällen bilden, wenn die Verbindungsebenen zweier Individuen sich nicht decken, wie bei unserm Anorthit (und auch bei dem Carlsbader Feldspathzwilling), und zugleich die mit der Verbindungsebene zusammenstossende Fläche des einen Individuum eine einspringende Kante mit der Fläche des andern Individuum bildet. Niemals können Ueberwachungskanten entstehen an derjenigen Seite der Zwillinge, wo Flächen zu ausspringenden Kanten sich begegnen. An einem Carlsbader Feldspathzwillinge können die Flächen  $P$  und  $\underline{x}$  begreiflicher Weise keine Ueberwachungskante bilden, wohl

aber  
die  
durch  
noch  
divid  
der  
vortr  
Indiv  
den  
eine  
Kante  
stallh  
des o  
setzun  
nun l  
kel zu  
 $M:M$   
chen  
nen  
 $= 2^{\circ}$   
 $a$  und  
liche  
die N  
Zwilling  
Winkel  
steiler  
An de  
 $M:M$   
durch  
vorrage  
beschr  
Betrach  
Fugen  
zen wi  
wohl  
1) Dur

aber könnte eine solche entstehen, wenn zwischen  $P$  und  $x$  die Fläche  $o$  aufträte.  $o$  würde mit  $P$  eine schiefe Kante durch Ueberwachsung bilden können, was freilich bisher noch nicht beobachtet wurde. Wo in Fig. 3 das obere Individuum rechts vorne mit seiner Kante zwischen  $M$  und der Verbindungsebene über das untere Individuum frei hervortritt, dort wächst die Fläche  $M$  fort bis sie  $\bar{M}$  des untern Individuums trifft.<sup>1)</sup> Es bildet sich demnach von dem, beiden Krystallen gemeinsamen Endpunkte der Makrodiagonale eine Zwillingsskante, welche steiler abwärts sinkt als die Kante  $P:M$ . Jenseits jenes Punktes auf der hintern Krystallhälfte wächst das  $\bar{M}$  des untern Individuum über das  $M$  des obern weg, bis beide Flächenrichtungen sich in der Fortsetzung der bezeichneten Zwillingsskante berühren. Es ist nun leicht, aus den Axenelementen des Anorthits den Winkel zu berechnen, welchen die schief laufende Zwillingsskante  $M:\bar{M}$  zur Kante  $P:M$  oder  $\bar{P}:\bar{M}$  bildet. In dem körperlichen Fortwachsungsdreieck kennen wir nämlich einen ebenen Winkel (welcher in der Verwachsungsebene liegt)  $= 2^\circ 23' 30''$ , entsprechend dem Winkel zwischen den Axen  $a$  und  $\bar{a}$  des Zwillings und zwei jenem anliegende körperliche Winkel  $P:M$ ,  $\bar{P}:\bar{M} = 85^\circ 50'$ . Hieraus folgt zunächst die Neigung von  $M:\bar{M} = 171^\circ 20'$ , ferner die Neigung der Zwillingsskante zu  $P:\bar{M}$  oder  $\bar{P}:\bar{M} = 16^\circ 0' 53''$ . Um diesen Winkel neigt sich also diese stumpfe einspringende Kante steiler hinab als Kante  $P:M$  oder die brachydiagonale Axe. An der linken Seite des Zwillings Fig. 3, wo die Flächen  $M:\bar{M}$  einen ausspringenden Winkel bilden, kann natürlich durch etwaige Fortwachsung der Flächen  $M$  an den frei vorragenden Stellen der Verbindungsebene niemals eine, der beschriebenen ähnliche Zwillingsskante entstehen, was bei Betrachtung der Figuren sofort einleuchtet. Wie hier die Fugen sich ausgleichen, und wie die Individuen sich begränzen würden, ist nicht leicht zu sagen, da man in der Natur wohl niemals die ausspringende Kante  $M:\bar{M}$  wahrnimmt;

1) Durch zarte Linien ist in Fig. 3 ein Theil jener Fortwachsung angedeutet.

denn entweder ist der Zwilling mit dieser Seite aufgewachsen oder es durchkreuzen sich die Individuen, wie Fig. 4 es darstellt, so daß man *beiderseits* die einspringende, steil abwärts geneigte Zwillingkante wahrnimmt.

Bevor wir den weiteren Verlauf der Zwillingsgrenze auf den andern Flächen verfolgen, wollen wir die Bildung des Durchkreuzungszwillinges Fig. 4 aus dem Berührungszwilling Fig. 3 ableiten. Man denke sich den letzteren durch eine Ebene normal zur Drehungsaxe oder der Makrodiagonalen, demnach normal zu den Flächen  $P$ ,  $t$ ,  $y$  beider Individuen zerschnitten, nun den obern rechten Theil links nach unten wachsend, den rechten untern links nach oben aufwärts, so erhält man die sehr merkwürdige, eines genaueren Studiums wohl werthe Krystallgruppe Fig. 4. Dieselbe erinnert — bei einem ersten Anblick des oberen oder unteren Endes, ohne Berücksichtigung der einspringenden Kanten — an Adular oder Sanidin wegen der symmetrischen Ausbildung rechts und links. Am Goniometer überzeugt man sich indeß leicht, daß mit Ausnahme der Flächen  $PP$ ,  $tt$ ,  $yy$  des oberen und unteren Endes keine andere Zone rings um die Gruppe führt. Eine jede der genannten Flächen gehört zur Hälfte dem einen, zur Hälfte dem andern Individuum. Nicht in Eine Zone fallen  $n:PP:n$ , indem die Kanten  $P:n$  und  $\underline{P:n}$  nach unten convergiren; und ebensowenig sind tautozonal  $P:n$  des obern und  $\underline{n:P}$  des untern Endes. Auch gehören nicht Einer Zone an  $T:P:o:u$ , noch auch  $u:yy:u$ ; noch  $o:o:M$ . Die Zwillingkante  $T:T$  bildet mit  $l:l$  eine ungebrochene vertikale Linie, dieselbe steht normal zu der beiden Individuen gemeinsamen Makrodiagonalen, besitzt aber keinen krystallonomischen Ausdruck.

Untersuchen wir nun die Zwillingsgrenze in ihrem Verlaufe auf den Flächen der rhomboidischen Prismen. Wie aus Fig. 5 ersichtlich, ist die Divergenz der Kanten  $P:f$  und  $P:z$  an der Verwachsungsebene rechts vorne viel weniger bedeutend als diejenige der Kanten  $P:M$  und  $\underline{P:M}$ , indem dieselbe nur zu  $1^{\circ} 51' 56''$  sich berechnet. Ferner

ergiebt  
= 17  
gebil  
sowie  
N  
die K  
indem  
für d  
und  
gegen  
gegen  
Das  
gleich  
und  
ginalk  
sungs  
lingsk  
Zwisc  
nicht  
 $T:P$ ,  
krümm  
den  
Fortw  
der V  
In un  
mittle  
geben  
wird.  
Gränz  
laufe  
spring  
muß  
stalls  
Die u  
bunde

ergiebt sich für die einspringende Kante der Flächen  $z:f = 172^{\circ} 56' 49''$ , und für die Neigung der durch Ueberwachsung gebildeten Zwillingskante  $z:f$  zur Kante  $P:z = 14^{\circ} 45' 17''$ , sowie zur Kante  $f:P$  (am unteren Ende)  $= 15^{\circ} 9' 59\frac{1}{2}''$ .

Noch geringere Abweichung von der Parallelität zeigen die Kanten  $P:T$  und  $P:l$  an der Zusammenwachsungsfläche, indem sie sich unter  $0^{\circ} 41' 10''$  schneiden würden. Ferner folgt für den einspringenden Winkel der Flächen  $T:l = 176^{\circ} 30'$ ; und es beträgt der Winkel zwischen der Zwillingskante  $T:l$  gegen Kante  $P:T$  (oberes rechtes Individuum)  $= 10^{\circ} 18' 49''$  gegen Kante  $P:l$  (unteres rechtes Individuum)  $= 10^{\circ} 34' 30''$ . Das körperliche Fortwachsungsdreieck auf den Flächen  $Tl$  gleicht demnach einer äußerst dünnen, keilförmigen Lamelle, und dieß ist unzweifelhaft der Grund, weshalb an den Originalkrystallen ein, von der Richtung der Zusammenwachsungsebene abweichender Verlauf der einspringenden Zwillingskante  $T:l$  nicht deutlich wahrgenommen werden kann. Zwischen diesen Flächen ist die genannte Kante überhaupt nicht regelmäsig gebildet, sie läuft zumeist scheinbar parallel  $T:P$ , theils springt sie zickzackförmig hin und her, oder krümmt sich regellos. Offenbar fällt die Richtung der beiden Kanten  $P:T$  und  $P:l$  so nahe zusammen, daß jenes Fortwachsen der vorspringenden Flächentheile hier nicht in der Weise zu Stande kommen konnte wie auf  $MM$  und  $zf$ . In unserer Figur ist der Gränzlinie zwischen  $T$  und  $l$  eine mittlere Richtung zwischen den Kanten  $P:T$  und  $P:l$  gegeben, welche in der That an den Krystallen beobachtet wird. Die rings um den Zwilling laufende einspringende Gränzlinie entspricht demnach nicht in ihrem ganzen Verlaufe der Verwachsungsebene (es liegen überhaupt die einspringenden Zwillingskanten nicht in Einer Ebene), sondern muß angesehen werden als eine mehr der Oberfläche des Krystalls angehörige, durch Ueberwachsung gebildete Erscheinung. Die unsern Zwilling constituirenden Individuen sind zwar verbunden mit  $PP$ , an einem Theile der Oberfläche indess um-

fassen sie einander, indem auf den vorragenden Theilen von  $PP$  dünne keilförmige Lamellen ruhen, welche bis zur Berührung mit dem Zwillingindividuum fortwachsen.

Man könnte die Frage erheben, warum überhaupt bei diesen, mit  $P$  als Verwachsungsebene verbundenen Anorthiten eine Ausgleichung der nicht überdeckbaren Kanten der vertikalen rhomboëdischen Prismen und der Fläche  $M$  durch Ueberwachsung entsteht. Die Beantwortung ist nicht ganz leicht. Bei gewissen andern Zwillingen trikliner Feldspathe, bei denen Drehungsaxe die Kante  $T:l$  oder die Vertikalaxe und Verbindungsfläche  $M$  ist, bilden sich gleichfalls nicht überdeckbare, nur wenig divergirende vorspringende Kanten längs der Verbindungsfläche, welche sich indeß nicht in gleicher Weise durch Fortwachsung ausgleichen.

Die durch eine Ueberwachsung sich erklärende schiefe (d. h. zu  $P:M$  nicht parallele) einspringende Kante zwischen  $M:M$  ist wohl hier zum ersten Male bei triklinen Feldspathen beobachtet worden; indeß wies schon Kayser scharfsinnig nach, daß das Zwillingengesetz des Albits »Drehungsaxe die Makrodiagonale der Basis« eine durch Hinüberwachsen gebildete schiefe Kante auf  $M$  zur Folge haben würde. Ein bemerkenswerther Unterschied vom Anorthit würde indeß in Bezug auf die Richtung der schiefen Kante  $M:M$  beim Albit stattfinden, wenn derselbe (was indeß bisher noch nicht erwiesen ist) Zwillinge nach dem eben formulirten Gesetze bilden würde. Die einspringende Kante  $M:M$  wird nämlich bei analoger Stellung des Zwillings wie beim Anorthit Fig. 3 nicht steiler wie bei letzterem, sondern weniger steil sich abwärts neigen als die Kante  $P:M$  oder  $\overline{P:M}$ , wie es sofort ersichtlich ist aus der Kayser'schen Fig. 1 Taf. II. Mit andern Worten: beim Albit senkt sich die einspringende Kante nach hinten (im Vergleiche zur Brachydiagonalen), während sie sich beim Anorthit nach hinten hebt. Die Ursache dieses abweichenden Verhaltens beruht in der wesentlichen Verschiedenheit der Axenelemente bei den genannten triklinen Feldspathen: beim Anorthit neigt sich die

Fläche  $P$  nach derjenigen Seite, wo vorne die stumpfere Combinationskante zwischen  $M$  und dem rhomboïdischen Prisma liegt, beim Albit indeß stößt die stumpfe Kante  $P:M$  mit der weniger stumpfen Combinationskante  $l:M$  zusammen.

Die mir vorliegenden Zwillinge des Anorthits zeigen die beschriebene steiler abwärts gesenkte Zwillingsskante  $M:M$ ; zum Beweise, daß dieselben gleicher Art sind; entstanden dadurch, daß das gewendete Individuum Fig. 2 mit seinem untern  $P$  auf die obere  $P$  Fläche des Individuum Fig. 1 gestellt ist. Eine andere Art von Zwillingen, nach gleichem Gesetze gebildet, würde entstehen, wenn das Ind. 1 mit seiner untern Basis auf die obere des Ind. 2 gelegt würde. In diesem Falle muß sich die durch Fortwachsung gebildete einspringende Kante nach hinten senken und unter gleichen Umständen beim Albit nach vorne. Während der Kreuzzwilling Fig. 4 vorne oben die Flächen  $TT$  unten die  $ll$  zeigt, würde ein nach der zweiten Modalität gebildeter Kreuzzwilling oben  $ll$  und unten  $TT$  darbieten. Ob es auch solche Krystalle giebt, müssen fernere Untersuchungen lehren.

Die beiden Ebenen, in welchen sich die vier, zweien Individuen angehörigen, Krystallstücke der Fig. 4 begränzen, sind:

1) eine Ebene normal zur Drehungsaxe; diese hat keinen krystallographischen Ausdruck, und ist demnach als Krystallfläche unmöglich; sie ist Zwillingsebene.

2) Die Verbindungsebene  $PP$ , welche indeß bis an die Oberfläche des Krystalls nicht fortsetzt, indem hier vielmehr auf mehreren Flächen die geschilderten übergreifenden Ränder als vorhanden anzunehmen sind. — Beide Ebenen 1) und 2) schneiden sich unter rechtem Winkel, welch letztere Thatsache ohne Ausnahme für alle Durchkreuzungszwillinge gilt.

Im Folgenden stellen wir einige, sich auf den Kreuzzwilling Fig. 4 beziehende Kanten und ebene Winkel zusammen (von denen mehrere schon oben angegeben wurden), welche aus den obigen Axenelementen berechnet wurden.



$M : \underline{M}$	$= 171^{\circ} 20' 0''$
$z : \underline{f}$	$= 172 \ 56 \ 49$
$T : \underline{l}$	$= 176 \ 30 \ 0$
$n : \underline{n}$ über $\underline{PP}$	$= 87 \ 13 \ 13$
$n : \underline{n}$ über $\underline{MM}$	$= 92 \ 46 \ 47$

Ebener Winkel der Zwillingskante  $\underline{M} : \underline{M}$

$$\text{zu Kante } n : \underline{M} \quad . . . . . = 16^{\circ} \ 0' \ 53''$$

Ebener Winkel der Zwillingskante  $z : \underline{f}$

$$\text{zu Kante } z : \underline{M} \quad . . . . . = 129 \ 23 \ 13\frac{1}{2}$$

Ebener Winkel der Zwillingskante  $z : \underline{f}$

$$\text{zu Kante } P : z \quad . . . . . = 14 \ 45 \ 17$$

Ebener Winkel der Zwillingskante  $z : \underline{f}$

$$\text{zu Kante } P : \underline{f} \quad . . . . . = 15 \ 9 \ 59\frac{1}{2}$$

Ebener Winkel der Zwillingskante  $z : \underline{f}$

$$\text{zu Kante } \underline{f} : \underline{M} \quad . . . . . = 53 \ 51 \ 50$$

Ebener Winkel der Kanten  $n : P$  und  $\underline{n} : P$

$$(\text{in Fläche } \underline{PP}) \quad . . . . . = 2 \ 23 \ 20$$

(convergierend nach oben).

Wenngleich das Original der Fig. 4 zu ganz genauen Messungen nicht geeignet war, so konnten doch folgende Kanten mit Hilfe des Fernrohrgoniometers bestimmt werden:

	berechnet	
$\underline{M} : \underline{M}$ (rechte Seite) $= 172^{\circ} \ 7'$	$(171^{\circ} \ 20' \text{ s. oben})$	
$\underline{M} : \underline{M}$ (linke Seite) $= 172 \ 13$	$(171 \ 20 \text{ do. })$	
$z : \underline{f}$ (rechte Seite) $= 173 \ 53$	$(172 \ 56 \ 49'' \text{ s. oben})$	
$P : \underline{M}$ (rechts oben) $= 85 \ 45$	$(85 \ 50 \text{ v. Kokscharow})$	
$n : \underline{M}$ (links oben) $= 133 \ 7$	$(132 \ 35 \ 48'' \text{ v. K.})$	
$P : \underline{n}$ (links oben) $= 133 \ 35$	$(133 \ 14 \ 12 \text{ v. K.})$	
$\underline{M} : \underline{T}$ (rechts) $= 117 \ 58$	$(117 \ 33 \ 36 \text{ v. K.})$	
$\underline{M} : \underline{T}$ (rechts) $= 122 \ 50$		
$\underline{M} : \underline{f}$ (rechts) $= 145 \ 28$		

$M : z$	(rechts)	$= 149^\circ 20'$	berechnet $(149^\circ 2' 18'' \text{ v. K.})$
$n : n$	(links)	$= 92 \ 35$	$(92 \ 46 \ 47 \text{ s. oben})$
$n : n$	(unten)	$= 86 \ 46$	$(87 \ 13 \ 13 \text{ do. })$
$n : T$	(links)	$= 126 \ 50$	$(126 \ 45 \ 32 \text{ v. K.})$

Da die an demselben Individuum gemessenen Kanten nicht unerheblich von den Werthen, welche v. Kokscharow aus den Marignac'schen Messungen berechnet, abweichen, so kann es natürlich nicht befremden, daß auch die Zwillingkanten nicht ganz mit den berechneten Werthen übereinstimmen. Die Abweichungen würden viel geringer seyn, wenn wir aus fünf an unsern Krystallen gemessenen Werthen die Zwillingkanten berechnet hätten. Doch waren die Krystalle nicht so tadellos gebildet, um geeignete Fundamentalmessungen zu liefern. Zur Bestätigung der oben gegebenen Erklärung der schiefen Richtung der einspringenden Kante  $M : M$  wurden aus folgenden Messungen auf der linken Seite des Krystalls (Fig. 4)

$$\begin{array}{ll} n : \underline{M} = 133^\circ 7' & M : T = 122^\circ 52' \\ n : T = 126 \ 50 & M : \underline{M} = 172^\circ 15' \end{array}$$

die nachstehenden ebenen Winkel abgeleitet:

$$\begin{array}{l} \text{Kante } \underline{P} : \underline{M} : \text{Kante } \underline{M} : T = 115^\circ 45' \text{ nach Marignac's Messungen} \\ \text{Kante } M : M : \text{Kante } M : T = 47^\circ 50' \text{ berechn.} = 115^\circ 55\frac{1}{2}' \end{array}$$

Hieraus folgt Kante  $M : M$  : Kante  $\underline{P} : \underline{M} = 16^\circ 25'$ , welcher Werth gewiß in befriedigender Weise mit dem oben aus den Axenelementen berechneten,  $16^\circ 0' 53''$ , übereinstimmt, wenn man erwägt, daß eine kleine Abweichung der Flächen  $M$  oder  $\underline{M}$  von der normalen Lage bei ihrer sehr stumpfen Kante eine relativ erhebliche Aenderung jenes ebenen Winkels bedingt.

Eine zweite Bestimmung der Schiefe der einspringenden Kante  $M : M$  wurde auf der rechten Seite des Krystalls ausgeführt, wiewohl hier die Bildung der Flächen weniger tadellos war. Aus den Messungen

$$\underline{M}:\underline{M} = 172^{\circ} 7'. \quad \underline{M}:T = 117^{\circ} 58'. \quad \underline{M}:T = 122^{\circ} 50',$$

folgt der ebene Winkel, welchen die Kanten  $\underline{M}:T$  und  $\underline{M}:\underline{M}$  einschließen  $= 50^{\circ} 7'$  und (unter Berücksichtigung des oben gefundenen Winkels zwischen der Vertical- und der Brachydiagonalaxe) ferner Kante  $\underline{M}:\underline{M}$  zu Kante  $P:\underline{M} = 14^{\circ} 8'$ .

Die Durchwachsungszwillinge des Albits, welche G. Rose beschrieb (diese Ann. Bd. 129, S. 10 Taf. I, Fig. 6) haben manches Aehnliche mit unserem Anorthit-Zwilling. G. Rose bemerkt, daß er nur Kreuzzwillinge des Albits ein und derselben Art, nämlich solche, welche beiderseits auf  $\underline{M}$  einspringende Kanten zeigten, gesehen. Diese laufen aber hier parallel der Kante  $P:\underline{M}$ , entsprechend dem Zwillinggesetz: Drehungsaxe die in  $P$  liegende Normale zur Brachydiagonalen der Basis  $P$ . Die zum Zwilling verbundenen vier Krystallstücke des Albits begränzen sich durch zwei zu einander normale Ebenen 1) die Zwillingsebene, dieselbe steht hier normal zu  $P$  (wie beim Anorthit) und ist parallel zur Brachydiagonalen (verschieden beim Anorthit, 2) die Verwachsungsebene  $\underline{PP}$ . Welcher Verlauf den Kanten  $T:l$ ,  $\underline{T}:\underline{l}$ , bei Fig. 6, Taf. I einspringend, bei Fig. 7 ausspringend, auch zukommen mag <sup>1)</sup>, sie begränzen nicht die Verbindungsebene der Krystalle, sondern sind als Erscheinungen der Oberfläche nach Weise der Ueberwachsung zu deuten.

Unter den Anorthitzwillingen nach dem gewöhnlichen Gesetze gebildet, Zwillings- und Verwachsungsebene  $\underline{M}$ , welche ich in der Krantz'schen Sammlung fand, schienen mir einige wegen ihrer eigenthümlichen Ausbildung und trefflichen Flächenbeschaffenheit Aufmerksamkeit zu verdienen. Dieselben sind in Fig. 6 naturgetreu dargestellt, und bieten eine Combination folgender Flächen:  $T, l, z, f, \underline{M}, P, y, n, o$  (deren Zeichen bereits oben angegeben wurden) ferner

$$e = (\frac{1}{2} b : c \propto a); 2\check{P} \propto \\ p = (a' : b : c); \underline{P}.$$

1) S. die Anmerkung 1 am Schlusse dieses Aufsatzes.

Die Umgränzung der Krystalle geschieht vorherrschend durch das rhomboëdische Prisma  $Tl$  und durch  $y$ , während  $M$  und  $P$  nur schmal sind. Die Zwillingsgrenze, welche gewöhnlich über die Flächen  $PP$  läuft, trennt hier die Flächen  $e$  und  $n$  sowie  $p$  und  $o$ . An zwei Zwillingen gleicher Bildung (I und II) konnten genaue Messungen ausgeführt werden; zur Vergleichung mögen die aus Marignac's Messungen von Kokscharow (und für die Zwillingsskanten von mir nach des letzteren Angaben) berechneten Werthe dienen. Die beiden in Klammern eingeschlossenen Messungen betreffen offenbar gestörte Kanten. Sämmtliche gemessene Winkel beziehen sich auf das obere Ende der Krystalle.

	I.	II.	Berechnet
$e : n =$	$90^{\circ} 24'$		$90^{\circ} 35' 47''$
$e : n =$	$175 \ 54$		$175 \ 47 \ 23$
$e : y =$	$95 \ 52$		$95 \ 38 \ 6$
$l : y =$	$135 \ 33$		$134 \ 36 \ 30$
$M : n =$		$132^{\circ} 39'$	$\left. \begin{array}{l} 132 \ 35 \ 48 \\ (133 \ 51) \end{array} \right\}$
$M : n =$	$132 \ 46$	$(133 \ 51)$	
$M : o =$	$115 \ 9$		$115 \ 6 \ 52$
$M : P =$		$85 \ 56$	$85 \ 50 \ 0$
$M : T =$		$117 \ 38$	$117 \ 33 \ 26$
$M : y =$		$90 \ 27$	$\left. \begin{array}{l} 90 \ 32 \ 34 \\ 90 \ 33 \end{array} \right\}$
$M : y =$		$90 \ 33$	
$M : y =$		$89 \ 33\frac{1}{2}$	$89 \ 27 \ 26$
$M : z =$	$149 \ 3$		$149 \ 2 \ 18$
$n : n =$	$94 \ 29$	$94 \ 42$	$94 \ 48 \ 24$
$n : o =$	$134 \ 37$	$134 \ 39$	$\left. \begin{array}{l} 134 \ 38 \ 34 \\ 134 \ 41 \end{array} \right\}$
$n : o =$	$134 \ 39$	$134 \ 41$	
$n : P =$		$133 \ 19$	$133 \ 14 \ 12$
$n : T =$		$126 \ 46$	$\left. \begin{array}{l} 126 \ 45 \ 32 \\ 126 \ 51 \end{array} \right\}$
$n : T =$	$127 \ 8$	$126 \ 51$	

	I.	II.	Berechnet
$n : y =$		96° 52'	96° 51' 34'
$o : o =$	129° 48'	129 46	129 46 16
$o : p =$	177 19		177 19 52
$o : y =$		142 10	142 13 6
$o : \underline{y} =$		142 13	
$T : T =$	(124 0)	124 40	124 53 8
$T : z =$	149 . 7		148 31 8
$y : \underline{y} =$	179 9 (ausspr.)	179 8	178 54 52

Die letztere Kante berechnet Des Cloizeaux, gleichfalls unter Zugrundelegung von fünf Marignac'schen Messungen = 179° 14' (ausspringend), was den von mir gefundenen Werthen näher kommt. Eine bisher vielleicht wenig beachtete Thatsache konnte an beiden Krystallen demnach direct beobachtet werden, nämlich die ausspringende Kante  $y : \underline{y}$  beim Anorthit. Während bei den nach gleichem Gesetze gebildeten Albit- und Oligoklaszwillingen an dem einen Ende des Krystalls  $P : P$ ,  $x : x$ ,  $y : \underline{y}$  sich in einspringenden, am andern in ausspringenden Kanten begegnen, bilden beim Anorthit die  $y : \underline{y}$  eine ausspringende Kante an demjenigen Ende wo die  $PP$  und  $xx$  sich einspringend treffen. Auch diese, durch einspringende Kanten  $e : n$  ausgezeichneten Anorthite finden sich in dem gewöhnlichen Muttergestein dieses Minerals am Vesuv, einem Gemenge von grünem Augit und schwärzlichgrünem Glimmer. Das betreffende Handstück zeigt die gewöhnlichen Drusen von Augit und Glimmerkry stallen zierlich bekleidet; in denselben sitzen die Anorthite; zuweilen ein einzelner Krystall, wie ein Juwel, in einer kleinen Druse.

36. Oligoklas vom Vesuv; ein Beitrag zur Kenntniss trikliner Feldspathe.

Es war vom Vesuv bisher nur eine Species trikliner Feldspathe allgemein bekannt, der Anorthit. Die Untersuchung der oben erwähnten von Dr. Krantz aus Neapel mitgebrachten

Samml.  
treffl.  
Güte  
Mess  
längl.  
verw  
nicht  
ren,  
worte  
Mine  
Studi  
Aufm  
ten a  
glaub  
sung  
• Drei  
als ei  
anlass  
die K  
des A  
misch  
D  
umsch  
nem  
von c  
Ausw  
in ve  
braun  
große  
Felds  
Augit  
sichtig  
rend  
dem  
schwe  
wasse  
1) S.  
Pogg

Sammlung führte zu dem Ergebniss, dafs auch Oligoklas in trefflich ausgebildeten Krystallen daselbst vorkomme<sup>1)</sup>. Die Güte des Dr. Krantz gestattete nicht nur, Krystalle zur Messung aus der Druse zu brechen, sondern auch eine hinlängliche Menge derselben Krystalle zu zwei Analysen zu verwenden, so dafs ich hoffen darf, durch diese Mittheilung nicht nur die Form des Oligoklas genauer kennen zu lernen, als es bisher möglich, sondern auch die Frage zu beantworten, ob dieser triklone Feldspath als eine eigenthümliche Mineralspecies zu betrachten sey oder nicht. — Mit dem Studium der Anorthite beschäftigt, erregten meine grösste Aufmerksamkeit Krystalle mit einspringenden Zwillingskanten auf *M*, welche parallel laufen der Kante *P:M*. Schon glaubte ich ein neues viertes Gesetz der Anorthit-Verwachsung aufgefunden zu haben (s. oben), welches lauten würde: »Drehungsaxe die Normale zur brachydiagonalen Axe in *P*«; als ein dem Anorthit unähnlicher Habitus der Krystalle Veranlassung bot, die Sache näher zu untersuchen. Nachdem die Krystallform als wesentlich verschieden von derjenigen des Anorthits ermittelt war, schien es wichtig, auch die chemische Mischung der gemessenen Krystalle zu bestimmen.

Der Somma-Auswürfling, welcher jene seltene Druse umschliesst, besteht wesentlich aus einem Gemenge von grünem Glimmer, mit Hornblende und Augit; beide letztere von dunkelgrüner Farbe. Die für eine so grofse Zahl von Auswürflingen charakteristischen Drusen finden sich auch hier in verschiedener Weise bekleidet oder erfüllt: von kleinen braunen Granaten nebst Augiten, wenigen Nephelinen; eine grofse unregelmäfsig gestaltete Druse beherbergt die triklinen Feldspathe, nebst einzelnen braunen Granaten, sowie kleinste Augite. Die Feldspathkrystalle sind bis 4<sup>mm</sup> grofs, durchsichtig, wasserhell; schwerer schmelzbar als Anorthit. Während letzterer leicht unter Entwicklung grofser Blasen vor dem Löthrohr schmilzt, ist der vesuvische Oligoklas nur schwer zu einem kleinblasigen Glase schmelzbar. In Chlorwasserstoffsäure nur unvollkommen zersetzbar. Spec. Gew.

1) S. die Anmerkung 2.

= 2,601 (bei  $18\frac{1}{2}^{\circ}$  C.). (Zur Vergleichung: das Gewicht des Anorthits = 2,69 — 2,75; des Albits 2,54 — 2,64, nach Des Cloizeaux).

Es wurden zwei Analysen gemacht, zu denen freilich nur Mengen von 0,449 und 0,374 Grs. verwandt werden konnten. Die erste Analyse I wurde durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron ausgeführt, die zweite II (da eine doppelte Bestimmung der Kieselsäure wichtig schien) durch Schmelzen mit reinstem kohlensaurem Baryt. Magnesia und Eisenoxyd waren selbst nicht in Spuren vorhanden. Die kleinen Mengen dieser beiden Stoffe, welche viele ältere Analysen von Feldspathen angeben, beweisen wohl theils ein nicht ganz gelungenes Reinaussuchen der zu analysirenden Substanz, theils deuten sie ein nicht vollständiges Ausfällen der Thonerde an, deren letzte Spuren oft als Magnesia gewogen wurden. Denn wie die Mineralbildung die kleinsten Minima zu den seltensten Mineralien sammelt (z. B. die Cederde im Orthite von Laach und vom Vesuv; die Zirkonerde im Zirkon an denselben Fundorten, die Titansäure (zu Laach häufiger) im seltenen Titanit und Guarinit vom Vesuv): so scheinen die Drusenmineralien dahin zu streben, Verunreinigungen bei ihrer Bildung auszuschleiden. Bei Analyse II, weil sie mit kohlensaurem Baryt ausgeführt wurde, unterblieb deshalb die Bestimmung des Kalks.

## Oligoklas vom Vesuv.

	I.	II.	III.
Kieselsäure	62,36	60,60	62,36
Thonerde	22,94	23,38	23,38
Kalkerde	2,88	nicht best.	2,88
Kali	nicht best.	2,66	2,66
Natron	nicht best.	7,42	7,42
Glühverlust	0,13	nicht best.	0,13
			98,83.

Unter III sind diejenigen Werthe zusammengestellt, welche mir in den beiden Analysen als die zuverlässigeren erscheinen. Die Differenz in den Bestimmungen der Kieselsäure wird nicht allzu auffallend erscheinen, wenn man die geringen für die Analysen zur Verfügung stehenden Quan-



titäten berücksichtigt. Der Verlust, welchen die Analyse aufweist, ist mit großer Wahrscheinlichkeit den Alkalien zuzulegen.

Aus den Zahlen III folgt die Elementar-Mischung IV, deren Werthe, durch die betreffenden Atomgewichte dividirt, die Zahlen unter V ergeben:

	IV.	V.
Si	29,38	1,031
Al	12,48	0,454
Ca	2,06	0,050
K	2,21	0,057
Na	5,51	0,240
O	47,06	2,941.

Die Formel des Oligoklas  $2\text{Na}_2\text{O}$ ,  $2\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $9\text{SiO}_2$  verlangt das Atomverhältniss von Na, Al, Si, O = 4 : 4 : 9 : 26, und mit dieser Proportion stimmen die Zahlen unter V (wenn man den Verlust dem Natron zuschreibt) nahe überein. Setzen wir nämlich in V die Zahl für O = 26, so erhalten wir für das eben angegebene Atom-Verhältniss von Na (K, Ca), Al, Si, O = 3,06 : 4,01 : 9,11 : 26.

Die Analyse nähert sich demnach in befriedigender Weise, unter Voraussetzung eines Verlustes an Natron, der Mischung des Oligoklas. Zur Vergleichung fügen wir die den Formeln des Oligoklas (s. oben) und des Andesins  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $4\text{SiO}_2$  entsprechenden Mischungen bei.

Oligoklas.

4 Na =	92	10,47	$\text{Na}_2\text{O} =$	14,12
4 Al =	109,6	12,47	$\text{Al}_2\text{O}_3 =$	23,39
9 Si =	261	29,71	$\text{SiO}_2 =$	62,49
26 O =	416	47,35		100,00
	878,6	100,00		

Andesin.

2 Na =	46	11,36	$\text{Na}_2\text{O} =$	16,40
2 Al =	54,8	13,54	$\text{Al}_2\text{O}_3 =$	25,40
4 Si =	112	27,67	$\text{SiO}_2 =$	58,20
12 O =	192	47,43		100,00
	404,8	100,00		

Obgleich die Formel des Andesins eine einfachere ist, so bestätigt sich von vorstehenden beiden Mischungen demnach diejenige des Oligoklas durch die Analyse des neuen vesuvischen Feldspaths, welche sehr nahe mit den in grosser Menge untersuchten Oligoklasen, theils aus plutonischen, theils aus vulkanischen Gesteinen, z. B. von Teneriffa, übereinstimmt.

Wollte man im Sinne der Tschermak'schen Theorie die Zusammensetzung unseres Oligoklasen durch eine isomorphe Mischung von natronfreiem Anorthit und kalkfreiem Albit erklären (welcher Deutung indess die ausgezeichnete und eigenthümliche Form der Krystalle entgegensteht), so erhielte man eine ähnliche Zusammensetzung für eine Verbindung von 1 Mol. Anorthit mit 4 Mol. Albit (vergl. diese Ann. Bd. CXXXVI, S. 428) nämlich: Kieselsäure 63,48. Thonerde 23,05. Kalkerde 4,02. Natron 9,45.

Die Krystallformen der vesuvischen Oligoklasse sind in den Figg. 7 bis 10 dargestellt. Als Axenebenen werden gewählt die Flächen  $P$ ,  $M$ ,  $k$ . Das Verhältniss der Axen  $a$  und  $b$  werde bestimmt durch das rhomboëdische Prisma  $TL$ , das Verhältniss der Axen  $b$  und  $c$  durch die Fläche  $x$  (der allgemeinen Annahme für die triklinen Feldspathe entsprechend): so erhalten wir folgende Axenelemente

$$\begin{aligned} a : b : c &= 0,632173 : 1 : 0,552464 \\ A &= 93^\circ 28'. \quad B = 116^\circ 13'. \quad C = 91^\circ 36\frac{1}{4}' \\ \alpha &= 93^\circ 4\frac{1}{2}'. \quad \beta = 116^\circ 23'. \quad \gamma = 90^\circ 4' 12''. \end{aligned}$$

Die Bedeutung von  $A$ ,  $\alpha$  etc. s. d. Ann. Bd. 128, S. 29. Alle obigen Winkel gelten für den rechten obern Octanten. Die fünf Fundamentalmessungen, aus denen die Axenelemente berechnet wurden, sind folgende:

$$\begin{aligned} P : T &= 111^\circ 12'. \quad M : T = 118^\circ 20'. \quad P : M = 86^\circ 32'. \\ M : u &= 121^\circ 47'. \quad P : u = 95^\circ 3' \end{aligned}$$

sie wurden an ein und demselben Krystalle mittelst des Fernrohr-Goniometers erhalten. Auf jene Axen bezogen, erhalten die beobachteten und in die Figg. eingezeichneten Flächen folgende Formeln:

$$T = (a : b' : \infty c); \quad \infty' P$$

$$l = (a : b : \infty c); \quad \infty P'$$

$$z = (a : \frac{1}{3} b' : \infty c); \quad \infty' \tilde{P} 3$$

$$f = (a : \frac{1}{3} b : \infty c); \quad \infty \tilde{P}' 3$$

$$M = (b : \infty a : \infty c); \quad \infty \tilde{P} \infty$$

$$k = (a : \infty b : \infty c); \quad \infty \tilde{P} \infty$$

$$P = (c : \infty a : \infty b); \quad 0 P$$

$$x = (a' : c : \infty b); \quad \tilde{P}_i \infty$$

$$y = (\frac{1}{3} a' : c : \infty b); \quad 2 \tilde{P}_i \infty$$

$$r = (\frac{1}{4} a' : c : \infty b); \quad \frac{4}{3} \tilde{P}_i \infty$$

$$n = (\frac{1}{3} b' : c : \infty a); \quad 2' \tilde{P} \infty$$

$$e = (\frac{1}{3} b : c : \infty a); \quad 2 \tilde{P}' \infty$$

$$o = (a' : b' : c); \quad P_i$$

$$p = (a' : b : c); \quad P$$

$$u = (\frac{1}{3} a' : \frac{1}{2} b' : c); \quad 2 P_i$$

$$g = (\frac{1}{2} a' : \frac{1}{2} b : c); \quad 2 P$$

*m* Des Cloizeaux

*t*

$g^2$

$^2g$

$g^1$

$h^1$

*p*

$a^1$

$a^{\frac{1}{2}}$

$a^{\frac{1}{3}}$

$e^{\frac{1}{2}}$

$i^{\frac{1}{2}}$

$b^{\frac{1}{2}}$

$c^{\frac{1}{2}}$

$b^{\frac{1}{3}}$

$c^{\frac{1}{3}}$

*k* wurde nur als eine äußerst schmale, lineare Fläche beobachtet; doch wegen ihrer Wichtigkeit als Axenebene in mehrere der Figg. eingezeichnet. Aus den angegebenen Axenelementen wurden folgende Kanten berechnet (vergl. die Projection Fig. 7\*).

$$e : k = 109^{\circ} 2'_{\frac{1}{2}}$$

$$e : M = 136 27'_{\frac{1}{2}}$$

$$e : n = 90 35$$

$$f : l = 150 48$$

$$f : M = 149 58'_{\frac{1}{2}}$$

$$f : P = 105 55'_{\frac{1}{2}}$$

$$f : z = 60 52'_{\frac{1}{2}}$$

$$k : f = 121 37'_{\frac{3}{4}}$$

$$k : l = 150 48$$

$$k : M \text{ (rechts)} = 91 36'_{\frac{1}{4}}$$

$$k : n = 107^{\circ} 49'$$

$$k : P = 116 13$$

$$k : T = 150 3'_{\frac{3}{4}}$$

$$k' : r = 128 41'_{\frac{1}{2}}$$

$$k' : x = 115 44$$

$$k' : y = 145 39'_{\frac{1}{2}}$$

$$k : z = 119 14'_{\frac{3}{4}}$$

$$l : M = 120 46'_{\frac{1}{2}}$$

$$l : P = 114 20'_{\frac{3}{4}}$$

$$l : T = 120 53'_{\frac{1}{2}}$$

$$\begin{array}{l}
 l : u = 150 \ 36\frac{1}{4} \\
 l' : x = 110 \ 39 \\
 l' : y = 134 \ 46\frac{1}{3} \\
 M' : n = 132 \ 57\frac{1}{2} \\
 M : r = 91 \ 23\frac{1}{2} \\
 M : x = 92 \ 4\frac{5}{6} \\
 M : y = 90 \ 25\frac{1}{4} \\
 M' : z = 149 \ 9 \\
 o : x = 153 \ 5 \\
 P : o = 122 \ 9\frac{3}{4} \\
 P : r = 115 \ 2\frac{1}{2} \\
 P : u = 95 \ 3
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 P : x = 128^{\circ} \ 3' \\
 P : y = 98 \ 7\frac{1}{8} \\
 P : z = 100 \ 6\frac{1}{2} \\
 r : x = 166 \ 59\frac{1}{2} \\
 r : y = 163 \ 5 \\
 T' : x = 113 \ 25\frac{1}{2} \\
 T' : y = 136 \ 47\frac{1}{2} \\
 T : z = 149 \ 11 \\
 u : x = 135 \ 50\frac{1}{2} \\
 u : y = 147 \ 47\frac{3}{4} \\
 x : y = 150 \ 4\frac{1}{2}
 \end{array}$$

Von den ebenen Winkeln sind namentlich die folgenden erwähnenswerth:

Winkel der Basis  $P$ :

Kante  $l : P$  zu Kante  $M : P = 122^{\circ} \ 21'$

Kante  $T : P$  zu Kante  $M' : P = 122 \ 15$

Kante  $l : P$  zu Kante  $k : P = 147 \ 43\frac{1}{4}$

Kante  $T : P$  zu Kante  $k : P = 147 \ 40\frac{1}{4}$

Winkel der Längsfläche  $M$ :

Kante  $P : M$  zu Kante  $k : M = 116^{\circ} \ 23'$

Kante  $x : M$  zu Kante  $k' : M = 115 \ 37$

Kante  $y : M$  zu Kante  $k' : M = 145 \ 30$ .

Aus den ebenen Winkeln der Basis  $P$ , wie auch schon aus dem Axenwinkel  $\gamma$  ist zu ersehen, daß die Basis dieses vesuvischen Oligoklases fast genau ein Rhombus ist, während dieselbe in triklinen Systemen im Allgemeinen ein Rhomboïd ist. Es ist nicht unmöglich, daß jene Basis genau ein Rhombus ist, d. h. daß die Diagonalen derselben oder die Axen  $a$  und  $b$  vollkommen normal zu einander stehen, und daß die aus den Messungen folgende geringe Abweichung nur eine Folge einer etwas abnormen Ausbildung des gemessenen Krystalls ist. Man könnte demnach versucht seyn, eine oder mehrere jener fünf Messungen zu corrigiren, damit jene Basis genau rhombisch werde. Indess erscheint es richtiger, am Resultat der Messungen vorläufig

festzuhalten. Die auf den ersten Blick befremdliche Thatsache, daß ein rhomboëdisches Prisma des triklinen Systems eine rhombische Basis besitzt, entspricht dem Umstande, daß die stumpfere Kante, welche  $M$  mit einer der Flächen des rhomboëdischen Prismas bildet (nämlich  $M : l = 120^\circ 46\frac{1}{2}'$ ; während  $M : T = 118^\circ 20'$ ), vorne mit der stumpfen Kante  $M : P$  zusammenstößt. Unsere Krystalle verhalten sich demnach verschieden vom Albit, in dessen System die stumpfere Kante zwischen einer Fläche des rhomboëdischen Prismas ( $l$ ), und  $M$  vorne auf derjenigen Seite liegt, wo  $P$  mit  $M$  die scharfe Kante bildet (doch sind beim Albit die Kanten  $M : l$  und  $M : T$  nur sehr wenig verschieden). Es findet demnach zwischen beide Mineralspecies ein merkwürdiger Gegensatz statt: der Albit hat bei einem fast rhombischen Prisma (nach Des Cloizeaux  $M : l = 119^\circ 40'$ ,  $M : T = 119^\circ 33'$ ) eine rhomboëdische Basis; der Oligoklas hingegen bei einem Prisma mit rhomboëdischem Querschnitt eine rhombische Basis. Es würde sich vielleicht rechtfertigen, den Oligoklas als Typus eines neuen und eigenthümlichen Krystallisations-systems zu betrachten, charakterisirt dadurch, daß die drei Winkel der Axenebenen sämmtlich schief sind, doch unter den ebenen Winkeln der Axen ein rechter sich befindet; während das von Mitscherlich aufgestellte dikline System drei schiefe Axenwinkel, doch unter den Winkeln der Axenebenen einen Rechten besitzt.

Zur Berechnung eines Krystallsystems, welches in seinem Axenkreuz einen rechten ebenen Winkel besitzt, sind vier Messungen erforderlich. Von den oben gegebenen fünf Fundamentalmessungen genügen demnach unter der Voraussetzung, daß die beiden Diagonalen der Basis normal zu einander stehen, vier z. B. die folgenden;  $P : T = 111^\circ 12'$ ,  $M : T = 118^\circ 20'$ ,  $P : M = 86^\circ 32'$ ,  $M : u = 121^\circ 47'$ . Berechnen wir unter dieser neuen Annahme einige Kanten zur Vergleichung mit den obigen Daten:  $P : l = 114^\circ 21'$ ;  $T : l = 120^\circ 59\frac{1}{2}'$ . Schwieriger ist die Aufgabe, die Axenelemente zu berechnen aus vier gegebenen Kanten unserer diklinen Grundform, d. h. eines Oktaëders mit sechserlei Kan-

ten, welches unter seinen drei Kantenschnitten einen Rhombus besitzt.

In Bezug auf die Bezeichnung der Flächen des rhomboëdischen Prismas und die Stellung, welche ich dem Oligoklas vom Vesuv gegeben, so habe ich, wie es beim Anorthit geschehen, diejenige Fläche des rhomboëdischen Prismas, welche mit  $M$  den weniger stumpfen Winkel bildet,  $T$  genannt und den Krystall so gestellt, daß  $T$  vorne zur Linken liegt. Es sinkt nun  $P$  vorne zur Rechten hinab, wie beim Anorthit, dem Oligoklas von Arendal und dem Sonnenstein von Tvedestrand (s. Des Cloizeaux, *Minér.* 312); während am Albit bei gleicher Stellung des rhomboëdischen Prismas  $P$  zur Linken sich neigt. Wollte man beim Oligoklas  $P$  zur Linken sich senken lassen, so würde  $T$  vorne zur Rechten liegen.

Von besonderem Interesse sind sowohl beim Orthoklas als auch bei den triklinen Feldspathen die Neigungen der sogenannten Diagonalfächen (abstumpfend die Kanten  $P:M$  und  $P:M'$ ) zu einander, sowie die ebenen Winkel auf  $M$ . Die erstere Kante ist beim Orthoklas nicht rechtwinklig (wie man früher wohl annahm), beim Albit ist sie ( $e:n$ ) fast rechtwinklig (nämlich über  $P$   $90^\circ 4'$  nach Des Cloizeaux), beim Anorthit  $90^\circ 35\frac{3}{4}'$  und genau so bei dem vesuvischen Oligoklas  $90^\circ 35'$ . Für den Oligoklas von Arendal, welcher indess nur angenäherte Messungen erlaubte, berechnet sich jener Winkel nach Des Cloizeaux  $= 89^\circ 3'$ . Es würde diese Varietät unter allen Feldspathen, sowohl mono- als triklinen, die einzige seyn, bei welcher die Diagonalfächen über  $P$  einen scharfen Winkel bilden. — Wie beim Orthoklas und bei allen triklinen Feldspathen ist auch bei unserem Oligoklas  $P$  steiler zur Verticalaxe geneigt als  $x$ ; es betragen die ebenen Winkel auf  $M$   $63^\circ 37'$  und  $64^\circ 23'$ . Beim Albit ist die Differenz geringer  $63^\circ 34'$  und  $64^\circ 5'$  und ebenso beim Anorthit  $64^\circ 4\frac{1}{2}'$  und  $64^\circ 28\frac{1}{2}'$ .

Der vesuvische Oligoklas bildet, während einfache Krystalle kaum vorzukommen scheinen, in ein und derselben Druse Zwillinge nach drei Gesetzen:

1)  
2)  
3)

1)  
der tr  
ebene  
welch  
einspr  
mit d  
Zufall  
sung  
dem  
spring  
der g  
G. R  
net (d  
klas  
berech

$y:y$   
wir il  
obere  
gesetz  
und  
von  
erwäh  
Albitz  
parai  
1) Di  
tris

- 1) Drehungsaxe die Normale zu  $M$ .
- 2) Drehungsaxe die Kante  $T:l$  oder die Verticalaxe.
- 3) Drehungsaxe die makrodiagonale Axe  $b$  oder, was hier gleichbedeutend, die Normale zur brachydiagonalen Axe  $a$  in der Basis.

1) Bei diesem ersten, dem gewöhnlichen Zwillingsgesetze der triklinen Feldspathe, ist Zwillings- und Verwachsungsebene  $M$ ; s. Fig. 8 und 8a. Alle Krystalle dieser Art, welche ich gesehen, waren mit dem obern Ende, wo die  $PP$  einspringende Kanten bilden und die  $TT$  vorne liegen, frei, mit dem andern aufgewachsen. Dies ist vielleicht nur einem Zufall zuzuschreiben. Das bei der vorliegenden Verwachsung entstehende Prisma  $TTMM$  hat viererlei Kanten; an dem einen, dem oberen Ende bilden  $Pxy$  sämmtlich einspringende, am andern ausspringende Kanten. Durch einander gewachsene Zwillinge nach diesem Gesetze, wie sie G. Rose vom Albit aus Savoyen beschrieben und gezeichnet (d. Ann. Bd. 125, S. 457 bis 467), habe ich beim Oligoklas nicht bemerkt. Für die Zwillinge nach diesem Gesetze berechnen sich folgenden Kanten:

$$T : \bar{T} = 123^{\circ} 20'$$

$$P : \bar{P} = 173^{\circ} 4'$$

$$l : \bar{l} = 118 \quad 13$$

$$x : \bar{x} = 175 \quad 50\frac{1}{2}$$

$$T : \bar{l} = 177 \quad 26\frac{1}{2}$$

$$r : \bar{r} = 177 \quad 13$$

$$l : \bar{T} \text{ (einspringend)}^1)$$

$$y : \bar{y} = 179 \quad 9\frac{1}{2}$$

$y : \bar{y}$  zeigen hier genau denselben Winkel einspringend, wie wir ihn durch Messung am Anorthit Fig. 6 (gleichfalls am obern Ende) ausspringend bestimmten. — Dem Zwillingsgesetze entsprechend müssen die Flächen  $MM$  parallel gehen und dieß fand ich in der That bis auf eine Fehlergränze von einigen Minuten bestätigt. Es möge dieß nur deshalb erwähnt werden, weil Des Cloizeaux von den gleichen Albitzwillingen bemerkt: *«en général les deux individus ne paraissent pas se réunir rigoureusement suivant un plan*

1) Diese Kante erscheint vorne, wenn die Zwillingsgränze nicht symmetrisch längs der Kante  $T : \bar{T}$  verläuft.



parallèle à  $g^1$  et ils laissent entre eux un petit intervalle, cunéiforme, car — — les faces  $MM$  font entre elles un angle variant de  $0^\circ 40'$  à  $1^\circ 40'$ .

2) Drehungsaxe ist die Kante  $T: l$ ; die Zwillingsebene, eine Normale zur Verticalaxe, ist eine nicht krystallonomische Fläche; Verwachsungsebene ist die Längsfläche  $M$ ; s. Fig. 9 und 9a. Bei dem Carlsbader Gesetze des Feldspaths, welches dem eben genannten entspricht, ist Zwillingsebene die Querfläche. Das verticale Prisma dieses Zwillinges  $lTM$  ist genau dasselbe wie dasjenige des einfachen Krystalls, es ist dreierleikantig. Während die Zwillinge nach dem ersten Gesetze schon durch Betrachtung der verticalen Flächen erkannt werden können, sind die in Rede stehenden nur durch ihre Endkrystallisation oder an der Lage der Spaltungsflächen  $PP$  kenntlich. Es gibt zweierlei verschiedene Zwillinge nach diesem Gesetze, linke und rechte (ein Unterschied, welcher bei den Orthoklas-Zwillingen so bekannt ist), die ersteren (Fig. 9 und 9a), welche  $P$  vorne zur Rechten liegend haben, kann man gebildet denken aus zwei linken Hälften des Krystalls 7 und 7a. Die rechten Zwillinge haben  $P$  zur Linken frei, und entstehen durch Verbindung zweier rechter Hälften. Unter den mir vorliegenden Zwillingen giebt es sowohl rechte als auch linke. Während die beiden Enden der Orthoklas-Zwillinge nicht different sind, sind unsere Oligoklase verschieden oben und unten. Am obern Ende neigen sich  $P: x$ ,  $P: x$  gehen einander und würden, wenn sie zum Schneiden kommen, eine einspringende Kante bilden; am untern Ende entstünde eine ausspringende Kante. Die drei Zwillinge dieser Art, welche zur Untersuchung vorlagen, waren nur mit dem oberen, nicht mit dem unteren Ende ausgebildet. Wenn gleich hier  $M$  nur Verwachsungs-, nicht auch Zwillingsebene ist, so begränzen sich dennoch mit derselben die Individuen äußerst scharf und ebenflächig, während bekanntlich die sog. Carlsbader Zwillinge des Feldspaths mit einer wellenförmig gekrümmten, nur im Allgemeinen der  $M$ -Fläche pa-

rallelen Ebene sich begränzen. Einer der Krystalle zeigt ein Individuum zum Theil frei neben dem andern fortwachsend, s. Fig. 9b. Die Hälften sind neben einander gestellt, nicht in einander gefügt.

Diese Zwillinge offenbaren auf das Deutlichste, daß die Kanten  $P : M$  und  $x : M$  zur Verticalaxe nicht gleich geneigt sind. Der Winkel, welchen beide Kanten einschließen, beträgt  $0^\circ 46'$ . In der Fig. 9 ist derselbe etwas größer gezeichnet, um ihn deutlicher zur Anschauung zu bringen. Die Fläche  $x$  hebt sich je weiter abwärts um so merkbarer über das Niveau von  $P$  empor. Zierlich bildet sich die Fläche  $y$  aus, indem sie mit  $P$ ,  $T$ ,  $l$  zu einer Ecke zusammenstößt. Neben  $y$  bildet sich zuweilen noch  $u$  aus. Diese Zwillinge sind es, bei denen gleichfalls wie bei dem Anorthit, welcher Gegenstand der vorigen Mittheilung war, eine Fortwachsung der Fläche  $x$  über  $P$  stattfinden, und so eine schief laufende Kante entstehen könnte. Denn da  $x$  und  $P$  sich gegeneinander neigen, so muß  $x$  in der Verlängerung mit  $P$  zum Durchschnitt kommen. Doch ist von einer solchen Ueberwachungskante Nichts zu bemerken<sup>1)</sup>. Daß die Flächen  $M : P : x : M$  nicht in einer Zone liegen, konnte bestimmt ermittelt werden. Die Kanten  $P : x$  und  $x : P$ , welche den Winkel  $173^\circ 51'$  einschließen, liegen in einer verticalen Ebene, der Querfläche. Es berechnet sich an diesem Zwilling die Kante  $P : x = 174^\circ 24'$  (einspringend).

Es ist noch ein anderes Zwillingsgesetz möglich, welches dem in Rede stehenden nahe verwandt ist, aber an unsern Oligoklasen bestimmt nicht vorkommt. Dasselbe lautet: »Drehungsaxe ist die in  $M$  liegende Normale zur Verticalaxe.« Diese Verwachsung würde sich von der eben beschriebenen durch folgende Merkmale unterscheiden: 1) Die neben einander liegenden  $P$  und  $x$  oder  $P$  und  $x$  haben eine gleichsinnige Neigung. Die ein- resp. ausspringende Zwillingkante von  $P$  des einen zu  $x$  des andern Indivi-

1) Vielleicht wegen der geringen Größe des Winkels, welchen die Kanten  $P : M$  und  $x : M$  einschließen,

duum berechnet sich  $= 178^{\circ} 25'$ ; demnach ungleich stumpfer als bei Zwillingen mit Drehungsaxe c. 2) Das entstehende verticale Zwillingensprisma ist vorne von den Flächen  $ll$  hinten von  $TT$  gebildet, ähnlich also dem aus dem ersten Gesetze folgenden Zwillingensprisma.

Vergleichen wir nun, nachdem dieser Unterschied festgestellt, mit unserm Oligoklas den Albit. Nach Quenstedt's Auffassung verbinden sich die Albitkrystalle zum einfachen Zwillinge mit der Verticalen als Drehungsaxe, das andere Gesetz komme nur bei polysynthetischen Krystallen vor. Des Cloizeaux führt als zweites Zwillingengesetz auf: »*Plan de macle*<sup>1)</sup> *parallèle à  $g^1$  ( $M$ ) et axe de revolution parallèle à l'arête  $m : l$  ( $T : l$ ). » Cette disposition semblable à celle de l'orthose est très rare dans l'albite « (p. 320).*

G. Rose verdanken wir vorzugsweise die genaue Kenntniss des Albits aus Savoyen und seiner aus je zweien Kreuzzwillingen verbundenen Doppelzwillinge. Das Gesetz der letzteren definirt G. Rose mit den Worten »Zwillingensaxe ist die, der Längsfläche parallele Normale zur Verticalaxe«; s. d. Ann. Bd. CXXV, S. 457. Auch Naumann (7. Aufl. El. d. Min.) beschreibt auf Grund der Rose'schen Arbeit jene Albitzwillinge: »zwei Durchkreuzungszwillinge sind zu einem Doppelzwillinge verbunden, nach dem sog. Carlsbader Gesetze des Orthoklases, dafs nämlich die Hauptaxe als Zwillingensaxe erscheint«. Diese Worte könnten den Glauben begründen, dafs über das Wesen des Doppelzwillinges eine Verschiedenheit der Ansichten zwischen Rose und Naumann bestehe, und demnach auf der einen Seite ein Irrthum vorliegen müsse. Es findet aber in Bezug auf den Albit-Doppelzwilling der bemerkenswerthe Umstand statt, dafs man dasselbe Resultat erhält, ob man zwei Kreuzzwillinge mit Drehung um die Verticale oder mit Drehung um eine in der Längsfläche liegende Normale zur Verticalen verbindet. Ein Kreuzzwilling des Albits, s. G. Rose l. c. Taf. IV, Fig. 1, besitzt nämlich die Flächensymmetrie eines

1) Die französischen Krystallographen bezeichnen mit *plan de macle* unterschiedslos die Zwillinge - wie die Verwachsungsebene.

monoklinen Krystalls, und für dies letztere System erhält man dieselbe Verwachsung mit der Querfläche als Zwillingsebene, ob man um die Verticalaxe dreht oder um eine in  $M$  liegende Normale zur Verticalaxe (Carlsbader Feldspathzwilling). Die nicht gekreuzten, aufgewachsenen Doppelzwillinge von Schmirn, welche G. Rose in den Figg. 8 und 9 darstellt, bestehen aus zwei gewöhnlichen Albitzwillingen mit Zwillingsebene  $M$ , welche gegen einander gedreht sind um die in  $M$  liegende Normale zur Verticalaxe. Die abwechselnden Individuen der Gruppe, 1 und 3 oder 2 und 4, haben gegen einander eine Stellung, wie sie durch Drehung um die Verticalaxe hervorgebracht wird. Verschwinden die inneren lamellenartigen Individuen, so würde ein einfacher Zwilling entstehen, der sich nur durch Drehung um die in  $M$  liegende Normale zur Verticalaxe erklären liesse. Da aber, wie es scheint, jenes Fortfallen nicht statt hat, sondern die Gruppe stets den Charakter eines Doppelzwillings bewahrt, so scheint bei einfachen Albitzwillingen eine Verwachsung gemäß der bezeichneten Drehungsaxe nicht vorzukommen.

Noch zu einem andern Vergleiche mit den Albiten fordern unsere vesuvischen Oligoklaszwillinge auf. Bei letzteren kann man sich auf das Bestimmteste überzeugen, daß die nebeneinander liegenden Flächen  $M$ ,  $n$ ,  $P$ ,  $x$ ,  $o$ ,  $M$  nicht in eine Zone fallen. Anders verhält es sich nach G. Rose's Darstellung in Bezug auf die Doppelzwillinge des Albits. In Folge der eigenthümlichen Ausbildung derselben sieht man neben einander auftreten:  $P$  und  $\bar{P}$  des ersten Zwillings, sowie  $p$  und  $p(P)$  des zweiten Zwillings s. Rose's Figuren 3, 4 etc. Diese vier Flächen dürften nun unter sich und mit der der Gruppe gemeinsamen Längsfläche  $M$  nicht in Eine Zone fallen, da ja den Axenelementen des Albits gemäß (nach Des Cloizeaux) die Kanten  $P:M$  und  $x:M$  (oder  $p:p$ ) den Winkel von  $0^\circ 31'$  einschließen. Nach G. Rose (a. a. O. Bd. CXXV, S. 465) scheinen indess jene vier Flächen nebst den  $\bar{M}\bar{M}$  in der That in eine Zone zu fallen, welche Thatsache noch bestimmter an den aufge-

ten gehen sämmtlich parallel. Die Flächen  $x$ ,  $\underline{x}$ ,  $r$ ,  $\underline{r}$ ,  $y$ ,  $\underline{y}$  gehen gleichfalls parallel (was beim Periklin nicht der Fall), doch gehen die sie umschliessenden Kanten (mit Ausnahme der der Makrodiagonalen entsprechenden) einander in beiden Individuen nicht parallel. Die Querflächen  $kk$ , wenn sie an den Krystallen auftreten, würden in Eine Ebene fallen. Für diesen Zwilling gelten folgende Kanten:

$$M : \underline{M} = 173^\circ 4'$$

$$T : \underline{T} = 176^\circ 51\frac{1}{4}'$$

$$z : \underline{f} = 174^\circ 11'.$$

Die Axen  $c$  beider Individuen bilden den Winkel  $173^\circ 51'$ . Es kann zwei Modificationen von Zwillingen der beschriebenen Art geben, indem die Krystalle entweder mit den untern oder den obern  $PP$ -Flächen verbunden sind. Wenn die obern  $PP$  Verwachsungsflächen sind, so liegt bei normaler Stellung des obern Individuums (d. h.  $T$  vorne links,  $P$  zur Rechten hinabneigend) die einspringende Kante  $M : \underline{M}$  auf der linken Seite des Krystalls. Sind die untern  $PP$  hingegen verwachsen, so liegt bei normaler Stellung des obern Individuums der einspringende Winkel auf  $M$  zur Rechten. Diese letztere Art der Zwillinge habe ich in der Druse nicht gefunden, sondern nur drei nach der ersten Art verwachsene. Es entspricht diese Thatsache genau der Art der Verwachsung, welche wir in der vorigen Mittheilung beim Anorthit gefunden haben.

Unsere Oligoklaszwillinge sind mit derjenigen Seite, wo der ausspringende Winkel  $M : \underline{M}$  liegt, angewachsen. Um in unserer Fig. 10 die einspringende Kante auf die rechte, sichtbare Seite zu bringen, konnte dem oberen Krystall selbstverständlich nicht die normale Stellung der Fig. 7 gegeben werden. Es mußte vielmehr  $T$  zur Rechten vorne liegen,  $P$  zur Linken hinabsinken (entsprechend der Anorthit-Figur 2). Die Verwachsungsebene entspricht für beide Individuen den oberen  $PP$  Flächen.

Die unter 1) und 3) aufgeführten Zwillingsgesetze fand

y, y

Fall),

ahme

bei-

n sie

llen.

° 51'.

chrie-

den

Venn

nor-

links,

$M : N$

$PP$

des

zur

n der

n Art

r Art

eilung

e, wo

Um

rechte,

selbst-

geben

liegen,

gur 2).

en den

e fand

	$f:l$	$l:M$	$l:T$	$l:u$
Berechnet	150° 48'	120° 46½'	120° 53½'	150° 36½'
Kr. 1.		{ 120 59 120 57	{ 120 51 120 28	150 46
2.	151 0		120 35	
3.				
4.				
5.				
6.				
7.		121 6		150 37
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				



$l : T$	$l : u$	$M : P$	$M : T$	$M : r$	$M : u$	$M : x$	$M : y$	$M : z$	$o : x$
$0^{\circ} 53\frac{1}{2}'$	$150^{\circ} 36\frac{1}{4}'$	$86^{\circ} 32'$	$118^{\circ} 20'$	$88^{\circ} 36\frac{1}{2}'$	$121^{\circ} 47'$	$87^{\circ} 55'$	$89^{\circ} 34\frac{3}{4}'$	$149^{\circ} 9'$	$153^{\circ}$
$0 51$ $0 28$	$150 46$	$86 32 *$	$118 20 *$ $118 21$		$121 47 *$	$87^{\circ} 52$			
$0 35$		$86 26$	$118 17$			$87^{\circ} 34\frac{1}{2}$			
		$86 28$	$118 22$ $118 44$		$121 45\frac{1}{2}$	$87 55$ $86 38$	$89 35$		
			$118 21$ $118 22$	$88 41$ $88 33$	$121 51$ $121 56$				
			$118 19$ $118 33$		$122 4$				
					$122 2$		$89 33$		
$150 37$	$86 32$				$121 52$	$88 2$			$152$
	$86 36$	$118 39$						$149 82$	
	$86 56$	$118 28$	$88 49$	$122 0$		$89 48$	$149 16$		
		$118 28$							
		$118 25$							

# Winkel der Vesuvischen Oligokla

	<i>P: r</i>	<i>P: T</i>	<i>P: u</i>	<i>P: x</i>	<i>P: y</i>
5'	115° 21'	111° 12'	95° 3'	128° 3'	98° 7½'
		111 12 *	95 3 *	128° 4	
		111 10			
		111 6		128 1	
		110 57 110 53			
58				128 17	98 14
		111 12			
	115 9	111 11			

[illegible]

$T : \underline{T}$	$\underline{l} : T$	$u : \underline{u}$	$x : \underline{x}$	$y : \underline{y}$	
123° 20'	177° 33½'	116° 26'	175° 50½'	179° 9½'	17
123 16½				179 5	11
123 19					
		116 50	175 14		
123 20					
123 15					
123 25	177 37				

<u>x</u>	<u>y : y</u>	<u>r : r</u>	<u>M : M</u>
60½'	179° 9½'	177° 13'	173° 4'
	179 5	117 16	
14			
			172 45
			173 0

ic  
ei  
du  
be  
vi  
du  
di  
  
be  
be  
lie  
H  
ae  
V  
N  
ch  
ne  
tic  
kl  
w  
U  
de  
de  
o  
M  
ic  
P  
vi  
M  
Z  
I

ich an derselben Gruppe in der Weise vereinigt, dafs an eines von zwei nach dem 1. Gesetze verbundenen Individuen ein drittes nach dem 3. Gesetze angewachsen ist; oder bestimmter, an das im Zwilling (Fig. 8) links liegende Individuum legt sich nach dem 3. Gesetze ein ferneres Individuum an; die einspringende Kante liegt demnach nach aufsen, die ausspringende ist nicht sichtbar.

Das Auftreten verschiedener Zwillingsgesetze in derselben Verwachsung oder in derselben Druse ist eine sowohl beim monoklinen als bei den triklinen Feldspathen gewöhnliche Erscheinung. Sehr schön sah ich dieselbe bei dem Hypoklerit von Arendal (Krantz'sche Sammlung); in derselben Druse Zwillinge nach dem Gesetze »Drehungsaxe die Verticalaxe«, sowie nach dem andern »Drehungsaxe die Normale zur Brachydiagonalen«. Bei den ersteren, entsprechend den Carlsbader Feldspathzwillingen, liegen  $P$  und  $x$  neben einander, und es ist offenbar  $x$  weniger steil zur Verticalen geneigt als  $P$ .

In Bezug auf die Flächenbeschaffenheit unserer Oligoklasse ist zu bemerken, dafs  $T$  besser ausgebildet ist als  $l$ , welche letztere Fläche sehr selten mefsbar sich darstellte. Unter den Endflächen ist  $x$  am wenigsten gut gebildet. Von den Viertelpyramiden ist  $u$  am besten gebildet und ausgekehrt namentlich bei den Zwillingen nach dem 2. Gesetze.  $o$  ist stets nur schmal, desgleichen  $z$ ,  $s$ ,  $p$ ,  $n$ ,  $e$ ,  $g$  und  $k$ . Man bemerke in Fig. 10 die Zone  $o:r:g$ ; ebenso sind tautozonal  $p:r:u$ . — Aufser den Spaltungsrichtungen parallel  $P$  und  $M$  beobachtete ich eine dritte parallel  $T$ .

Aus der beifolgenden Tabelle ersieht man die an 12 vesuvischen Oligoklasen mit dem Fernrohrgoniometer gemessenen Kantenwinkel.

(Hier folgt die Tabelle.)

No. 1. Zwilling, Drehungsaxe ist Kante  $T:l$ . An diesem Krystall wurden die fünf Fundamentalwinkel gemessen; es ist ein rechter, d. h. aus zwei rechten Hälften gebildeter Zwilling.



No. 2. Zwilling nach demselben Gesetz gebildet, doch ein linker Krystall, gleich Fig. 9.

No. 3. Desgleichen linker Krystall, s. Fig. 9b.

No. 4. Drehungsaxe die Normale zu  $M$ , albitischer Zwilling, sehr kleiner vortrefflicher Krystall.

No. 5. Nach dem gleichen Gesetze gebildeter Zwilling.

No. 6 ebenso.

No. 7. Derselben Art, trefflich gebildet, genau wie Fig. 8 und 8a darstellt.

No. 8. Zwilling »Drehungsaxe die lange Diagonale der Basis«; verwachsen mit einem albitischen Zwilling.

No. 9. Krystallgruppe gleicher Art. Die Gränze der Individuen läuft über  $M$ ,  $f$ ,  $(z)$ ,  $T$ ,  $(l)$  andererseits über  $u$  und  $y$ . Auf letzterer Fläche ist die Gränze zwar sichtbar, doch fallen die Flächen  $y$  und  $\underline{y}$  völlig in eine Ebene zusammen, wie die Theorie es verlangt.

No. 10, 11 und 12 sind Zwillinge nach dem Gesetze des Albits »Drehungsaxe die Normale zu  $M$ «, an welchen wegen ihrer fragmentarischen Beschaffenheit nur wenige Kanten zu messen waren. Bei 11 stossen nicht  $T:T$  zur Zwillinggränze zusammen, sondern  $T:l$ , deren einspringende Kante hier gemessen werden konnte.

In Bezug auf die Einrichtung der Tabelle ist noch zu bemerken, daß, wo in einer Horizontal-Columnne zwei Reihen von Werthen übereinander stehen, die obere sich auf das eine, die untere sich auf das andere Zwillingindividuum bezieht. An die Kanten der Einzelkrystalle  $f:l$  bis  $x:y$  schlossen sich die Zwillingkanten an, zunächst  $P:x$ , welche sich auf das Gesetz der Verticalaxe bezieht, dann diejenigen der sog. albitischen Zwillinge, endlich  $M:M$  am Zwillinge Fig. 10. Die Differenzen der Messungen theils untereinander, theils von den berechneten Werthen sind einerseits durch Störungen in der Flächenbildung (denen namentlich  $M$ ,  $l$ ,  $z$ ,  $f$ , zumal  $x$  unterliegen) zu erklären, andererseits durch sehr schwachen Reflex der Flächen, wodurch der Beobachtungsfehler sich vergrößert.

Genau meßbare Oligoklase waren bekanntlich bisher nicht vorgekommen, was mit der bemerkenswerthen Thatsache zusammenhängt, daß aufgewachsene Krystalle dieser Species äußerst selten sind. Des Cloizeaux legt der Berechnung des Oligoklas-Systems die Marignac'schen Messungen des Sonnensteins von Tvedestrand zu Grunde, welchen er seine eigenen Bestimmungen des Oligoklas von Arendal hinzufügt. Zur Vergleichung mit den Winkeln des vesuvischen Oligoklas mögen hier die von Des Cloizeaux angegebenen Werthe unserer obigen Fundamentalkanten eine Stelle finden:

$$P : T = 110^{\circ} 55' \quad M : T = 118^{\circ} 54' \quad P : M = 86^{\circ} 10'$$

$$M : u = 121^{\circ} 19' \quad (122^{\circ} 0' \text{ am Ol. v. Ar. gem.}) \quad P : u = 94^{\circ} 13'.$$

Die vesuvischen Oligoklase mit ihrer trefflichen Krystallbildung dürfen gewiß beanspruchen, in der Streitfrage, ob die Kalknatronfeldspathe selbständige Specien oder lediglich isomorphe Mischungen von Albit und Anorthit seyen, berücksichtigt zu werden. Bisher konnte diese Diskussion nur vom chemischen Gesichtspunkte ausgeführt werden, da die Mineralien, auf deren Analysen man sich bei Entscheidung obiger Frage bezog, niemals genau meßbare Krystalle zeigten, sogar meist nur krystallinisch spaltbare Massen darstellten. Anders liegt die Sache bei den neuen Oligoklasen, deren Form gleich genau bestimmbar wie diejenige des Albits und Anorthits ist. Es müßte dieselbe eine Zwischenstellung zwischen den Krystallformen dieser beiden letzteren behaupten, wenn die Zusammensetzung als eine isomorphe Mischung des reinen Natron- und des reinen Kalkfeldspaths könnte angesehen werden. Ja es müßte die Form des untersuchten Oligoklas derjenigen des Albits viel näher stehen als dem Anorthit, weil bei dem hohen Kieselsäure- und Natrongehalt und der zurücktretenden Kalkerde der Natronfeldspath in weit überwiegender Menge vorhanden seyn müßte als der kieselsäurearme Kalkfeldspath. Hiervon findet indeß das Gegentheil statt. Wenn überhaupt von einer Beziehung der fundamental verschiedenen Systeme des Albits und Anorthits die Rede seyn kann, so steht der Oli-

goklas dem letzteren weit näher als dem ersteren. Wie beim Anorthit neigt auch beim Oligoklas die *P*-Fläche nach derjenigen Seite hinab, wo vorne die stumpfere Combinationsskante zwischen Längsfläche und rhomboëdischem Prisma liegt. Das verticale Prisma *TL*, welches beim Albit durch *M* nur wenig schief abgestumpft wird, ist beim Oligoklas merkbar rhomboëdisch (wenngleich nicht so bedeutend wie beim Anorthit). Beim Albit wird das Prisma *MP* fast genau gerade abgestumpft durch die Flächen *e* und *n*, deren Kante demnach fast genau rechtwinklig; bei Oligoklas wie bei Anorthit bilden *e:n* den Winkel  $90^{\circ} 35'$  und  $90^{\circ} 35\frac{3}{4}'$  (wie oben bereits bemerkt). Ueberhaupt ist nicht recht einzusehen, wie man sich eine Vermittlung der Formen des Anorthits und Albits denken solle. Zwischen den beiden widersinnig geneigten *P*-Flächen würde die monokline Stellung des *P* beim Orthoklas zu setzen seyn; und jedenfalls dieser letztere dem Albit in seiner Form näher verwandt erscheinen, als der Albit dem Oligoklas und Anorthit.

Die Auffindung des Oligoklas am Vesuv in ausgezeichneten Krystallen, der Nachweis bestimmter krystallographischer Eigenthümlichkeiten seines Krystallsystems scheint ein Beweis, daß der Oligoklas als eine selbstständige Mineralspecies zu betrachten ist mit demselben Rechte wie Albit und Anorthit.

### 37. Ueber den Wollastonit vom Vesuv.

Monticelli erkannte zuerst dieses Mineral 1818 in den Auswürflingen der Somma und legte der Academie zu Neapel eine diese Auffindung betreffende Notiz vor, welche in demselben Jahre auch in der *Bibl. univ. de Genève* mitgetheilt wurde. Ausführlicher berichtete Monticelli in seinem mit Covelli gemeinsam verfaßten Werke *Mineralogia vesuviana* 1825 über den Wollastonit. Die hier gegebenen krystallographischen Angaben sind indess sehr ungenügend und die in den betreffenden Figuren dargestellten Flächen sind mit solchen, welche wirklich an unserm Mineral auftreten, nicht sicher zu identificiren. Als begleitende Mineralien

werden in jenem Werke aufgeführt: Augit, Leucit, Glimmer, Idocras, Sarkolith, Kalkspath, Davyn, Zurlit (worunter wohl Humboldtith verstanden wird). Die *Min. Ves.* führt als gewöhnliches Muttergestein des fast immer von gerundeten Körnern und Krystallen des Kalkspaths begleiteten Wollastonits ein körniges Aggregat von Augit, Leucit und Glimmer an.

Das Verdienst der krystallographischen Bestimmung des Wollastonits gebührt Brooke (d. Ann. Bd. XXIII, S. 363 Jahrg. 1831), welchem ein Handstück mit Krystallen von seltenster Vollkommenheit im Besitze des Dr. Sommerville zur Verfügung stand. Brooke führt gleichfalls die vier, in einer Zone liegenden, für den Wollastonit so charakteristischen Spaltungsrichtungen an, parallel  $a$  (am vollkommensten)  $c$ ,  $t$  und  $u$  (s. Fig. 11, 11a und b). Auch werden Zwillinge, bei denen  $c$  Zwillingsene ist, erwähnt. Es ist seltsam, wie wenig Beachtung die von einer guten Zeichnung begleitete Brooke'sche Notiz namentlich in deutschen Lehrbüchern gefunden hat. Liest man in einem der ausgezeichnetsten derselben, dem Werke von Quenstedt, die krystallographische Beschreibung des Wollastonits, so sollte man glauben, es handle sich um ein in Bezug auf seine Form fast unbekanntes Mineral, nicht aber um ein solches, welches bereits vor mehreren Jahrzehnten genau gemessen und abgebildet worden ist. Der Grund dieser Ignorirung einer guten alten Angabe liegt vermuthlich in der außerordentlichen Seltenheit deutlicher Wollastonit-Krystalle mit glänzenden Flächen.

Vor einigen Jahren beschrieb ich die in körnigem Gemenge mit Spadait als Einschlüsse in der Leucit-Nephelinlava vom Capo di bove bei Rom vorkommenden Wollastonitkrystalle (Geogn. mineralog. Fragm. a. Italien I. Zeitschrift d. d. geol. Ges. 1866, S. 528) und wies darauf hin, daß die von Brooke gewählte Stellung, welche von Miller, Dufrésnoy, Des Cloizeaux adoptirt wurde, vortheilhafter mit einer andern zu vertauschen wäre, in welcher diejenige Fläche, welche die Rolle der Zwillingsene spielt,

zur Querfläche wird. Diese Stellung wurde von Naumann in der trefflichen neuen Auflage seiner *El. d. Min.* angenommen. Auch Dana in der 5. Ausg. seines bewundernswerthen Werks giebt aufer andern eine neue Figur, welche den Wollastonit so darstellt, dafs die als Zwillingsebene fungirende Fläche zur Querfläche wird.

Die Sammlung in Neapel bewahrt eine Wollastonit-Druse mit Krystallen von untadelhafter Schönheit. Wie selten ein solches Vorkommen ist, geht schon daraus hervor, dafs in vielen Jahrzehnten, seit welchen von den Mineral- suchern in Portici und Resina die schönsten Stufen für die genannte Sammlung zurückgelegt werden, sich weder ein gleiches, noch auch nur ähnliches Stück gefunden hat. Ja, nach Scacchi's glaubhafter Vermuthung bildet jene Stufe, welche Brooke zu seinen Messungen gedient, die andere Hälfte der in Neapel befindlichen Druse, so dafs wir es demnach mit einem Unicum zu thun hätten. — Bei meinem Besuche in Neapel (Apr. 69) wurde nicht nur mein lang gehegter Wunsch erfüllt, jene Wollastonite zu sehen, sondern es wurde mir auch durch die Güte des Hrn. Scacchi ein ausgezeichneteter Krystall zum Zwecke genauerer krystallographischer Untersuchung aus der Druse losgebrochen und verehrt. Der Krystall, wasserhell, mit trefflich spiegelnden Flächen, in der Länge etwa  $1,5^{\text{mm}}$ , in der Breite nicht ganz  $1^{\text{mm}}$  messend, ist in der Fig. 11 in schiefer Projection,  $11a$  und  $b$  in gerader, auf die Horizontalebene und auf die Längsfläche mit allen an demselben beobachteten Flächen dargestellt. Die Stellung ist dieselbe, in welcher ich (a. a. O.) die Krystalle von Rom gezeichnet. Die Flächenbuchstaben entsprechen den von Miller gewählten;  $w$  ist neu. Während bei der Darstellung des Römischen Wollastonits  $z$  als Grundprisma genommen wurde, ziehe ich es jetzt vor, durch  $e$  das Verhältnifs der Axen  $a$  und  $b$  bestimmen zu lassen; da in diesem Falle die Flächenformeln die möglichst einfachen werden, ausserdem die drei Axen in Bezug auf ihre Länge nicht allzu verschieden sind. Axenelemente des vesuvischen Wollastonits;

$$a : b : c = 1,05317 : 1 : 0,96766.$$

Axe  $a$  neigt sich nach vorne hinab, mit Axe  $c$  den Winkel ( $\alpha$ ) =  $95^\circ 29' 49''$  bildend.

Fundamentalwinkel:

$$c : e = 133^\circ 39'. \quad c : f' = 120^\circ 43'. \quad e' : f = 141^\circ 44'.$$

Diese wie alle folgenden Winkel wurden mit dem Fernrohr-Goniometer gemessen. Beobachtete Flächen:

Bezeichnung bei Des Cloizeaux

$e = (a : b : \infty c);$	$\infty P$	$e^1$
$z = (a : \frac{2}{3} b : \infty c);$	$\infty P \frac{2}{3}$	$e^{\frac{2}{3}}$
$x = (a : \frac{1}{2} b : \infty c);$	$(\infty P 2)$	$e^{\frac{1}{2}}$
$c = (a : \infty b : \infty c);$	$\infty P \infty$	$p$
$u = (c : \infty a : \infty b);$	$o P$	$a^1$
$v = (a : c : \infty b);$	$- P \infty$	$a^{\frac{1}{2}}$
$w = (2a : c : \infty b);$	$-\frac{1}{2} P \infty$	
$a = (2a' : c : \infty b);$	$\frac{1}{2} P \infty$	$h^1$
$t = (a' : c : \infty b);$	$P \infty$	$o^{\frac{1}{2}}$
$r = (\frac{1}{3} a' : c : \infty b);$	$3 P \infty$	$o^{\frac{1}{3}}$
$s = (\frac{1}{2} a' : c : \infty b);$	$2 P \infty$	$o^{\frac{1}{2}}$
$f = (a' : b : c);$	$P$	$d^{\frac{1}{2}}$
$g = (a : c : \infty a);$	$(P \infty)$	$b^{\frac{1}{2}}$
$m = (2a' : b : c);$	$(P 2)$	$m$
$n = (\frac{2}{3} a' : b : c);$	$\frac{3}{2} P \frac{2}{3}$	$d^{\frac{1}{3}}$

Folgendes sind die Neigungen der Kanten der schiefen Prismen resp. der Schiefendflächen zur Verticalaxe:

Vordere Seite	Hinterer Seite
$w$ zur Verticalen $60^\circ 51'$	$m : m'$ oder $a$ zur Verticalen $69^\circ 56'$
$v$ " " $44^\circ 27'$	$f : f'$ oder $t$ " " $50^\circ 25'$
	$n : n'$ " " $37^\circ 48\frac{5}{6}'$
	$s$ " " $29^\circ 44\frac{3}{4}'$
	$r$ " " $20^\circ 30\frac{3}{4}'$

Da das Verhältniß der Tangenten dieser Winkel sich nicht hinlänglich einfachen, ganzen oder gebrochenen Zahlen nähert, so ist es nicht thunlich, das System des Wollasto-

nits auf Axen zu beziehen, welche sich der Rechtwinkligkeit mehr noch nähern, als die oben angenommenen. Es mögen die aus den angegebenen Axenelementen berechneten, sowie einige an dem mir von Scacchi verehrten Krystall gemessenen Kanten folgen:

	Berechnet:	Gemessen:
$a : c'$	$= 110^{\circ} 4'$	
$a : g$	$= 132 45\frac{1}{3}$	
$a : m$	$= 137 44$	
$a : u$	$= 160 29$	
$a : v$	$= 114 23$	
$c : z$	$= 133 39^*$	
$c : f'$	$= 120 43^*$	
$c : g$	$= 93 57\frac{1}{3}$	
$c : m$	$= 104 42$	$104^{\circ} 37'$
$c : n'$	$= 132 48$	$132 50$
$c' : r$	$= 159 29\frac{1}{4}$	
$c' : s$	$= 150 15\frac{1}{3}$	
$c' : t$	$= 129 35$	
$c : u$	$= 95 29\frac{5}{6}$	
$c : v$	$= 135 33$	$135 29$
$c : w$	$= 119 9$	
$c : x$	$= 115 30$	
$c : z$	$= 145 3\frac{1}{3}$	$145 3$
$e : c'$ (vorne)	$= 87 18$	
$e : f'$	$= 141 44^*$	
$e : g$	$= 123 20\frac{1}{3}$	
$e : m'$ (Fig. 11 b)	$= 131 27$	$131 21$
$e : m$ do.	$= 134 19\frac{3}{4}$	
$e' : t$ do.	$= 116 5\frac{2}{3}$	
$e : u$	$= 93 47\frac{1}{3}$	
$e : v$	$= 119 31\frac{1}{3}$	$119 25$
$e : x$	$= 161 51$	
$e : z$	$= 168 35\frac{1}{2}$	$168 35$
$f : f'$	$= 106 34$	
$f : g$	$= 145 19\frac{2}{3}$	$145 12$
$f : n$	$= 167 55$	



igkeit  
mögen  
sowie  
emes-

	Berechnet:	Gefunden:
$f : n'$	$= 111^{\circ} 34\frac{1}{2}$	$111^{\circ} 39'$
$f : m$	$= 163 \ 59$	$163 \ 56$
$f : v$	$= 93 \ 54$	$93 \ 59$
$f : u$	$= 124 \ 28\frac{1}{2}$	$124 \ 34$
$g : g'$ (über $u$ )	$= 92 \ 9$	
$g : m$	$= 161 \ 20\frac{2}{3}$	
$g : n$	$= 133 \ 14\frac{2}{3}$	
$g : t$	$= 120 \ 34$	
$g : u$	$= 136 \ 4\frac{1}{2}$	
$g : v$	$= 123 \ 27\frac{1}{2}$	
$g : x$	$= 130 \ 59$	
$g : z$	$= 116 \ 59\frac{1}{2}$	
$m : m'$	$= 95 \ 28\frac{1}{2}$	
$m : n$	$= 151 \ 54$	
$m : u$	$= 131 \ 52\frac{3}{4}$	
$m : v$	$= 107 \ 47\frac{1}{2}$	
$m : z'$	$= 126 \ 23\frac{1}{2}$	$126 \ 22\frac{1}{2}$
$n : n'$	$= 118 \ 38\frac{1}{3}$	$118 \ 39$
$n : u$	$= 117 \ 22$	
$n' : v$	$= 96 \ 39$	
$n' : z$	$= 148 \ 7\frac{3}{4}$	
$r : s$	$= 170 \ 46$	
$r : u$	$= 105 \ 1$	
$r : v$ (über $c$ )	$= 115 \ 2\frac{1}{4}$	
$s : t$	$= 159 \ 19\frac{2}{3}$	
$s : u$	$= 114 \ 14\frac{5}{6}$	
$s : v$ (über $c$ )	$= 105 \ 48\frac{1}{3}$	
$t : u$	$= 134 \ 55$	
$t : v$	$= 94 \ 52$	
$u : v$	$= 139 \ 56\frac{5}{6}$	$139 \ 58$
$u : w$	$= 156 \ 21$	
$u : x$	$= 92 \ 21\frac{5}{6}$	
$u : z$	$= 94 \ 30\frac{1}{4}$	
$v : w$	$= 163 \ 36$	
$v : x$	$= 107 \ 54$	
$v : z$	$= 125 \ 49$	

Berechnet:

$$x : x' \text{ (über } c) = 51^{\circ} 0'$$

$$z : x = 150 \text{ } 26\frac{1}{2}$$

$$z : z' \text{ (über } c) = 110 \text{ } 7.$$

Die vorstehenden Winkelwerthe zeigen eine nahe Uebereinstimmung mit den älteren Messungen von Brooke und Scacchi, sowie mit den Angaben Des Cloizeaux's im *Manuel de Minéralogie*. Ausser den bei Betrachtung der Figuren resp. der Formeln sogleich in die Augen fallenden Zonen sind etwa noch folgende bemerkenswerth:

$$v : z : m'; v : e : g'; x : g : a : f'; e : a : n'; e : g : t;$$

$$x : m : t : n'; x : n : s'; e : f' : s; n : r : z; w : e : m';$$

$$u : e : f'; u : z : n'; u : x : m'.$$

Während keine dieser Zonen mehr als vier Flächen enthält, ist es ein charakteristisches Merkmal des Wollastonit-Systems, dass vier Zonen alle Flächen umfassen in der Weise, dass Eine ( $c$ ) in alle vier Zonen fällt, sonst aber keine Fläche derselben gemeinsam ist. Die erste Zone geht parallel der Axe  $b$ , die zweite der Axe  $c$ , die dritte und vierte den Kanten  $c : g$  und  $c : g'$ .

Bekanntlich versuchte Rammelsberg (d. Ann. Bd. CIII, S. 282 bis 285) den Wollastonit auf die Form des Augits zurückzuführen und beide als isomorphe Mineralien zu betrachten. Zu diesem Zwecke wählte auch er  $ee'$  als verticales Hauptprisma (dessen Kante allerdings sehr nahe mit dem Hauptprisma des Augits übereinstimmt —  $87^{\circ} 5'$  Des Cloiz.), wandte dann aber  $v$  nicht, wie in obiger Darstellung nach vorne, sondern nach hinten, und nahm  $a$  als Basis. Während die Axen  $a$  und  $c$  des Augits den Winkel  $106^{\circ} 1'$  einschließen, würden sie sich nun beim Wollastonit unter  $110^{\circ} 4'$  begegnen; und während das Axenverhältniss  $a : b$  für beide Mineralien fast gleich ist, soll  $c$  Augit zu  $c$  Wollastonit sich verhalten  $= 3 : 5$ . Wenngleich die analoge Zusammensetzung beider Mineralien uns fast zwingt, gemeinsame Züge auch in ihren Krystallsystemen zu suchen, so erweisen sich letztere doch so verschieden, sowohl in den Winkeln als im Charakter des Zonenverbandes, dass eine

nähere Uebereinstimmung, wie bei isomorphen Mineralien, in keiner Weise zu erzielen ist; wie denn auch die Spaltungsrichtungen ganz verschieden sind. Nach Des Cloizeaux verbieten auch die optischen Eigenschaften des Wollastonits denselben zur Gruppe der Augite zu stellen. — Die Ursache, weshalb die Krystalle der in der Sammlung zu Neapel befindlichen Wollastonitdruse wasserhell und glänzend, während die gewöhnlichen Wollastonit-Stufen des Vesuvs mattflächig und zum Theil zerstört sind, beruht in der verschiedenen Art des Muttergesteins. Diefs ist gewöhnlich ein drusiges Gemenge von Glimmer, Augit, Granat mit Kalkspath in unregelmäßigen Körnern und gerundeten Krystallen. Die Wollastonit-Krystalle aller dieser Massen sind an der Oberfläche mit einer weissen Rinde von kohlensaurem Kalk bedeckt, welcher wahrscheinlich aus der Zersetzung des Wollastonits selbst entstanden ist. Jene Druse frischer Krystalle wird hingegen umschlossen von einem fast dichten, schwarzen Gestein, einer leucitischen Lava ähnlich. Die mit Kohlensäure geschwängerten Gewässer konnten nicht mit gleicher Leichtigkeit zu dieser Druse dringen, wie in das mehr lockere Aggregat des gewöhnlichen Wollastonit-Muttergesteins.

Ein Wollastonitstück der Krantz'schen Sammlung zeigt bis 2 Centim. grofse Krystalle, welche mit farblosen, würfelähnlichen, sehr kleinen Kryställchen bedeckt sind. Die Untersuchung liefs in denselben Humboldttilith erkennen, in der Combination des quadratischen Prismas mit der Basis. Diese klaren Humboldttilithe sind zum Theil in die Masse des grofsen tafelförmigen Krystalls eingesenkt.

### 38. Krystallisirter Lasurstein vom Vesuv.

Den Lasurstein in den Auswürflingen der Somma erwähnen bereits Monticelli und Covelli in ihrer *Mineralogia vesuviana* p. 302. Die Autoren kannten indess nur erdige Abänderungen von Haselaufsgröfse in Kalkmassen eingehüllt. Interessant ist die Mittheilung, dafs bei der Eruption des Jahres 1822 eine Kalkbombe ausgeschleudert

wurde, welche kleine Körner (bis 4 Centim. groß) von Lapislazuli enthielt. — Das Vorkommen von Lapis in Blöcken der Somma scheint wenig bekannt zu seyn (obgleich ihn auch Scacchi N. Jahrb. 1853, S. 257 aufführt), wenigstens sucht man eine dasselbe betreffende Angabe selbst in den neuesten und vollständigsten Lehrbüchern vergeblich. Dennoch sind diese Funde keineswegs so selten. Die Sammlung in Neapel bewahrt faust- sogar kopfgroße rundliche Massen von Lasurstein, umschlossen von körnigem, weißem oder gelblich-weißem Kalkstein. Die Lasurmasse ist häufig von Kalk ganz durchdrungen, deshalb von lichtblauer Farbe und fast immer von erdiger Beschaffenheit. Bei der Seltenheit des Vorkommens von Lapislazuli-Krystallen scheint es mittheilenswerth, daß unter den von Hrn. Dr. Krantz aus Neapel mitgebrachten Mineralien sich eine Lasurstein-Stufe befindet, welche von einer Kluftfläche durchspalten, auf dieser kleine, doch mit der Lupe deutlich erkennbare Krystalle zeigt. Die Form ist das Rhombendodekaëder, die Farbe tieflasurblau. Dunkler Glimmer ist als Einmengung in der erdig derben Lasurmasse zu erwähnen, welche von weißem Kalkstein umschlossen wird <sup>1)</sup>).

### 39. Orthit vom Vesuv.

Unter den vielen Mineralien unserer reichen heimischen Fundstätte Laach mußte bisher der Orthit das meiste Interesse erwecken; war es doch das einzige Vorkommen dieses durch seinen Cer-Gehalt ausgezeichneten Minerals in vulkanischem Gestein <sup>2)</sup>. Um das isolirte Auftreten eines sonst ausschließlich auf plutonische Gesteine beschränkten Minerals zu erklären, konnte man entweder annehmen, daß die Unterschiede zwischen den Erzeugnissen plutonischer und vulkanischer Mineralbildung nicht in der Schärfe bestehen, wie man oft ausgesprochen; oder man konnte die Orthit-führenden Auswürflinge Laach's für Bruchstücke älterer

1) Hr. Scacchi setzt mich mittelst gütiger brieflicher Mittheilung in Kenntniß, daß auch er in seiner Krystallsammlung ein deutliches Rhombendodekaëder von Lapislazuli vom Vesuv besitzt.

2) Vergl. diese Ann. Bd. CXIII, S. 281 bis 292.

plutonischer Felsmassen halten, welche bei der Eruption nur verändert worden wären. In diesem letztern Fall, welche für manche andere Auswürflinge unseres Sees Geltung hat, konnte die Ansicht, daß das Cer nebst so vielen andern, selteneren Elementen nicht mehr eintrete in den Proceß der neuen vulkanischen Mineralbildung, noch aufrecht erhalten werden. Weitere Untersuchungen der Erzeugnisse anderer vulkanischer Mineralfundstätten mußten darüber belehren, ob der Orthit den vulkanischen und plutonischen Bildungen gemeinsam sey (wie z. B. der ihn fast stets begleitende Zirkon), oder ob er gleich ausschließlicly dem älteren Gebirge angehöre, wie etwa der Beryll, der als große Seltenheit zwar auch in Glimmerschiefer eingewachsen als Lava-Einschlufs bei Mayen beobachtet wurde, als vulkanische Bildung bisher indess niemals gefunden wurde. Nachdem meine auf Orthit gerichteten Nachforschungen an vesuvischen Auswürflingen lange vergeblich gewesen, glückte es denselben in einem Handstück der mehr erwähnten Sammlung bei Hrn. Krantz zu entdecken. Indem auch vom Vesuv nun Mineralgemenge von Sanidin und Orthit nachgewiesen sind, verliert allerdings Laach die Ausschließlichkeit des Besitzes des letzteren Minerals im Sanidingestein.

Der vesuvische Orthit ist demjenigen von Laach im Aussehen höchst ähnlich, von schwarzer Farbe, halb metallischem Glanze, tafelförmiger Ausbildung s. Fig. 12 und 12a. Wählen wir, wie bei den Laacher Krystallen,  $zs'$  als Grundprisma,  $M$  als Basis, so erhalten die vorkommenden Flächen folgende Bezeichnung

$$\begin{aligned} z &= (a : b : \infty c); & \infty P \\ T &= (a : \infty b : \infty c); & \infty P \infty \\ M &= (c : \infty a : \infty b); & 0 P \\ r &= (a' : c : \infty b); & P \infty \\ l &= (\tfrac{1}{2} a' : c : \infty b); & 2 P \infty \\ i &= (2 a' : c : \infty b); & \tfrac{1}{2} P \infty \\ o &= (b : c : \infty a); & (P \infty) \\ y &= (\tfrac{1}{2} a' : b : c); & 2 P 2 \end{aligned}$$

Von diesen Flächen ist  $i$  noch nicht bei den Krystallen von Laach, und das hintere schiefe Prisma  $y$  überhaupt noch nicht beim Orthit beobachtet worden. Beim Epidot ist indess eine unserm  $y$  entsprechende Fläche von v. Kokscharow aufgefunden worden (s. Materialien Bd. III, S. 274).  $y$  ist leicht bestimmbar; es fällt nämlich in die Diagonalzone von  $l$  und außerdem in die Zone  $T : o : n$ . Zur Vergleichung mit den an einem vesuvischen Orthit-Krystall angestellten Messungen mögen die aus den Axenelementen der Laacher Krystalle berechneten Winkel dienen.

Vesuv	Laach
$T : z = 125^{\circ} 14'$	$125^{\circ} 26'$
$T'' : z' = 125 \ 11$	" "
$z : z' = 109 \ 34$	$109 \ 8$
$l' : T = 154 \ 0$	$154 \ 0$
$i' : T = 99 \ 18$	
$l' : z = 120 \ 51$	$121 \ 24$
$z' : n = 150 \ 43$	$150 \ 36\frac{1}{2}$
$r : l = 154 \ 13$	$154 \ 23$
$r : T = 128 \ 17$	$128 \ 23$
$z : i = 84 \ 44$	
$l : y = 143 \text{ circa}$	

Eine Eigenthümlichkeit des vesuvischen im Vergleich zum Laacher Orthite (welche indess möglicherweise auf die wenigen bis jetzt vom Vesuv vorliegenden Krystalle beschränkt ist), beruht in der vorherrschenden Entwicklung der hintern Schiefendflächen, während auf der vordern Seite nur die Basis vorhanden ist. Auch ist bei den vesuvischen Krystallen eine Spaltbarkeit parallel den Flächen  $zz'$  vorhanden, welche ich bei denen von Laach nicht beobachten konnte. Die mir vorliegenden Orthit-Handstücke scheinen ursprünglich eine einzige gröfsere Bombe gebildet zu haben, welche aus einem grobkörnigen Aggregat von Sanidin, Sodalith, Nephelin, Hornblende, Melanit, Magneteisen, Zirkon besteht. Der gröfste unter den Orthiten dieser Bombe misst etwa 6<sup>mm</sup> in Höhe und Breite, die meisten sind sehr viel kleiner,

so daß ihre Flächen nur mit Hülfe der Lupe deutlich zu erkennen sind. Nicht ganz leicht ist die Unterscheidung des Orthits von der mitbrechenden schwarzen Hornblende, welche im Querbruche denselben muschligen Bruch zeigt wie das Cer-Mineral. Jene Hornblende ist häufig von einem unübertrefflichen Glanz der Flächen, so daß folgende mit dem großen Goniometer ausgeführte Messungen als genau gelten können. Der Krystall war eine Combination des verticalen Prismas  $TT'$  mit der schiefen Endfläche  $P$  und dem hintern schiefen Prisma  $oo'$ , dessen Kante zur Verticalaxe nahe gleich geneigt ist, wie die Fläche  $P$ .

$$T : T' = 124^{\circ} 18'$$

$$o : o' = 148^{\circ} 30'$$

$$o : P = 145 \quad 29$$

$$o : T = 111 \quad 3$$

$$o' : P = 145 \quad 29\frac{1}{2}$$

Das Muttergestein des vesuvischen Orthits trägt ein so durchaus vulkanisches Gepräge, daß wiewohl hier die für Laach statthafte Erklärung, die betreffenden Gesteine gehörten eigentlich dem Urgebirge an, nicht gelten lassen können, umso weniger als unter den vesuvischen Auswürflingen Blöcke, welche als Urgesteine zu deuten sind, bei Weitem nicht die Rolle spielen wie zu Laach. Wenn wir nun auch alle die genannten Mineralien, welche dem Orthit associirt sind, auch im plutonischen Gesteine, z. B. im Syenit des südlichen Norwegens finden und hierdurch eine wesentliche Gleichartigkeit der Mineralbildung so fernliegender Epochen bewiesen wird, so bleibt als eine bedeutsame Differenz die so verschiedene Gröfse der betreffenden Krystalle übrig. Die geringere Intensität der die Mineralien bildenden Prozesse spiegelt sich in der oft fast nur mikroskopischen Gröfse dieser vulkanischen Mineralien. Wie verschwindende Bildungen sind die vulkanischen Orthite im Vergleiche zu den riesenhaften Krystallen dieser Species aus plutonischem Gesteine namentlich des Nordens, woselbst (Feldspathbruch von Naeskillen bei Arendal) ich einen Orthit von über sechs Zoll Gröfse sah! Das gleiche Verhältniß verschiedener Gröfse beobachtet man auch in Bezug auf die Krystalle des Feld-



spaths, des Granats, des Zirkons, des Nephelins, des Mejonits (Skapoliths), Spinells, Magneteisens und fast aller andern vulkanischen Mineralien im Gegensatz zu den betreffenden Varietäten in plutonischen Gesteinen.

(Schluß im nächsten Heft.)

## VII. *Blitze ohne Donner; von Prof. Th. Hoh.*

In der Nacht vom 25. auf den 26. Juli sah ich, als ich nach Beendigung meiner Arbeit ans Fenster trat, aus dichtem fast genau von West gegen Ost am nördlichen Himmel hinziehenden Wolken Blitze, welche, obwohl die Zikzakform nicht deutlich an ihnen zu erkennen war, doch lebhaft genug imponirten, um nicht für bloßes Wetterleuchten erklärt werden zu dürfen. Auch das leiseste Geräusch hätte ich in der stillen Nacht wohl vernehmen müssen; es war aber keiner der sechs von mir zwischen 12 $\frac{1}{4}$  und 12 $\frac{3}{4}$  Uhr beobachteten Blitze vom geringsten Donner begleitet, auch nicht der stärkste, welcher genau um 12 $\frac{1}{2}$  Uhr aufleuchtete und mein über 20 Fufs tiefes Schlafzimmer bis in den Hintergrund erhellte. Obschon derartige Fälle nicht gerade selten sind, dient doch vielleicht meine Beobachtung zur bescheidenen Vermehrung der Gewitterstatistik.

Bamberg 31. Juli 1869.